

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 439 236**

51 Int. Cl.:

F03D 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **23.08.2006 E 06789972 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2013 EP 1938005**

54 Título: **Turbina eólica**

30 Prioridad:

24.08.2005 US 710951 P

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
22.01.2014

73 Titular/es:

**FALLBROOK INTELLECTUAL PROPERTY
COMPANY LLC (100.0%)
9444 Waples Street, Suite 410
San Diego, CA 92121, US**

72 Inventor/es:

MILLER, DONALD C.

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 439 236 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Turbina eólica

Solicitudes relacionadas

Esta solicitud reivindica el beneficio de la solicitud provisional US 60/710.951, presentada el 24 de agosto de 2005.

5 Antecedentes de la invención

Campo de la invención

El campo de la invención se refiere en general a transmisiones, y más en concreto la invención se refiere a transmisiones continuamente variables.

Descripción de la técnica relacionada

10 A fin de proporcionar una transmisión continuamente variable, se han desarrollado diversas transmisiones de rodillos de tracción que transmiten potencia a través de rodillos de tracción soportados en un alojamiento entre la entrada del par y los discos de salida. En tales transmisiones, los rodillos de tracción están montados en estructuras de soporte que, cuando se pivotan, hacen que los rodillos de tracción se acoplen con los discos de par en círculos de diferentes diámetros en función de la relación de transmisión deseada.

15 Se conoce el uso de un cubo de accionamiento para un vehículo con una relación de transmisión ajustable variable. En algunos casos una transmisión utiliza placas iris para inclinar el eje de rotación de los rodillos. Otras transmisiones incluyen un árbol alrededor del cual giran un disco de entrada y un disco de salida. Los discos de entrada y salida están montados en el árbol y hacen contacto con bolas dispuestas equidistantemente y radialmente alrededor del árbol. Las bolas hacen contacto por fricción con ambos discos y transmiten potencia desde el disco de entrada al disco de salida. Una rueda loca situada concéntricamente sobre el árbol y entre las bolas ayuda a mantener el contacto por fricción entre las bolas y los discos de entrada y salida.

20 Las turbinas eólicas tienen por lo general trenes de accionamiento que incluyen cajas multiplicadoras para gestionar la transferencia de potencia de un rotor a un generador. Transmisiones continuamente variables tales como las que se describen a continuación ofrecen las ventajas de mejorar el rendimiento y la eficiencia de las turbinas eólicas, dando por lo general como resultado un menor coste de producción de potencia. El documento US 2005/0153808 A1 da a conocer el preámbulo de la reivindicación 1.

25 Resumen de la invención

La invención se define en las reivindicaciones adjuntas.

30 Los sistemas y métodos ilustrados y descritos en este documento tienen varias características, ninguna de las cuales es únicamente responsable de sus atributos deseables. Sin limitar el ámbito de aplicación tal como se expresa en la descripción que sigue, sus características más destacadas se tratarán ahora brevemente. Después de tener en cuenta este análisis, y en particular después de leer la sección titulada "Descripción detallada de la realización preferida" se comprenderá cómo las características del sistema y los métodos proporcionan varias ventajas con respecto a los sistemas y métodos tradicionales.

35 En un aspecto de la descripción, una transmisión de velocidad variable comprende un eje longitudinal, bolas distribuidas radialmente alrededor del eje longitudinal, teniendo cada bola un eje inclinable alrededor del cual gira, un disco de entrada giratorio en contacto con cada una de las bolas, un disco de salida en contacto con cada una de las bolas, una rueda loca giratoria en contacto con cada una de las bolas, una jaula adaptada para mantener la posición radial y la alineación axial de las bolas y que puede girar alrededor del eje longitudinal, y un árbol de rueda loca
40 acoplado en funcionamiento a la rueda loca y adaptado para recibir una salida de par de la rueda loca y transmitir la salida de par de la transmisión.

Algunas realizaciones comprenden una jaula adaptada para alinear los ejes inclinables de las bolas y adaptada, además, para mantener las posiciones angulares y radiales de las bolas. En algunas realizaciones, la transmisión descrita aquí se acopla a un juego de engranajes planetarios. Por ejemplo, en una realización, un par de entrada se

suministra a un juego de engranajes planetarios, en el que el portador satélite se acopla al disco de entrada, la rueda dentada solar se acopla a la jaula, la corona anular se fija y no gira, y un par de salida se suministra desde la transmisión mediante el disco de salida.

5 En otro aspecto, se da a conocer un generador de fuerza axial para su uso con realizaciones de transmisiones descritas en este documento que está adaptado para generar una fuerza axial que incrementa la tracción entre el disco de entrada, las bolas, la rueda loca y el disco de salida. En algunas realizaciones, una cantidad de fuerza axial generada por el generador de fuerza axial es una función de la relación de transmisión de la transmisión.

10 En otras realizaciones, cada uno del disco de entrada, las bolas, el disco de salida, y la rueda loca tiene superficies de contacto que están recubiertas con un material de revestimiento de aumento de fricción. El material de revestimiento de algunas realizaciones es un material cerámico o un cermet. Aún en otras realizaciones, el revestimiento es un material seleccionado del grupo que consiste en nitruro de silicio, carburo de silicio, níquel no electrolítico, níquel electrodepositado, o cualquier combinación de los mismos.

15 Aún en otro aspecto, se describe una transmisión de velocidad variable que comprende: unas pluralidades primera y segunda de bolas distribuidas radialmente alrededor del eje longitudinal, discos de entrada giratorios primero y segundo, un árbol de entrada coaxial con el eje longitudinal y conectado a los discos de entrada primero y segundo, un disco de salida giratorio situado entre las pluralidades primera y segunda de bolas y en contacto con cada una de las pluralidades primera y segunda de bolas, una primera rueda loca generalmente cilíndrica situada radialmente hacia el interior de y en contacto con cada una de la primera pluralidad de bolas, y una segunda rueda loca generalmente cilíndrica colocada radialmente hacia el interior de y en contacto con cada una de la segunda pluralidad de bolas.

20 Para usar con muchas realizaciones descritas en este documento, se describe también un generador de fuerza axial adaptado para aplicar una fuerza axial a fin de aumentar la fuerza de contacto entre el disco de entrada, el disco de salida y la pluralidad de ajustadores de velocidad, comprendiendo el generador de fuerza axial además, un disco de cojinete coaxial con y que puede girar alrededor del eje longitudinal que tiene un diámetro exterior y un diámetro interior y que tiene un orificio roscado formado en su diámetro interior, una pluralidad de rampas perimetrales unidas a un primer lado del disco de cojinete cerca de su diámetro exterior, una pluralidad de cojinetes adaptados para acoplarse a la pluralidad de rampas de disco de cojinete, una pluralidad de rampas perimetrales de disco de entrada montadas en el disco de entrada, en un lado opuesto de los ajustadores de velocidad, adaptadas para acoplarse a los cojinetes, un tornillo generalmente cilíndrico coaxial con y que puede girar alrededor del eje longitudinal y que tiene roscas macho formadas a lo largo de su superficie exterior, estando dichas roscas macho adaptadas para acoplarse al orificio roscado del disco de cojinete, una pluralidad de rampas centrales de tornillo fijadas al tornillo, y una pluralidad de rampas centrales de disco de entrada fijadas al disco de entrada y adaptadas para acoplarse a la pluralidad de rampas centrales de tornillo.

35 En otro aspecto, se da a conocer una jaula de soporte que soporta y coloca una pluralidad de bolas inclinables de ajuste de velocidad en una transmisión de tracción de rodadura, que utiliza un disco de entrada y un disco de salida a cada lado de la pluralidad de bolas, comprendiendo la jaula; unos discos de soporte planos primero y segundo que son cada uno una hoja generalmente circular que tiene una pluralidad de muescas que se extienden radialmente hacia dentro desde un borde exterior, teniendo cada muesca dos lados, y una pluralidad de espaciadores de soporte planos que se extienden entre dichos discos de soporte primero y segundo, teniendo cada espaciador un lado frontal, un lado posterior, un primer extremo y un segundo extremo, en el que cada uno de los extremos primero y segundo tiene una superficie de montaje, en el que cada superficie de montaje tiene una superficie curvada, y en el que los espaciadores están situados angularmente alrededor de los discos de soporte entre las ranuras de los discos de soporte de tal manera que las superficies curvadas se alinean con los lados de las ranuras.

45 Aún en otro aspecto, se describe una pata de soporte para un mecanismo de cambio de relación, que cambia la relación de transmisión en una transmisión de tracción de rodadura mediante la inclinación de un eje que forma el eje de rotación de una bola de determinación de relación, que comprende: un cuerpo alargado, un extremo de conexión de eje, un extremo de leva opuesto al extremo de conexión de eje, un lado frontal orientado hacia la bola y un lado posterior orientado en dirección opuesta a la bola, y una parte de soporte central entre el extremo de conexión de eje y el extremo de leva, en el que el extremo de conexión de eje tiene un orificio formado a través del mismo adaptado para recibir el eje, y en el que una superficie de leva curvada de forma convexa está formada en el lado frontal del extremo de leva que está adaptado para ayudar a controlar la alineación del orificio.

50 En algunas realizaciones, la invención comprende una transmisión de velocidad variable que tiene un eje longitudinal y una pluralidad de bolas distribuidas radialmente alrededor del eje longitudinal. Cada bola tiene un eje inclinable alrededor del cual gira. La transmisión también incluye un disco de entrada giratorio en contacto con cada una de las bolas. La transmisión tiene una rueda loca giratoria coaxial alrededor del eje longitudinal y en contacto

con cada una de las bolas, en el que la rueda loca está adaptada para transferir potencia. Otra característica de la transmisión de la invención es que la rueda loca puede estar configurada para transferir potencia a una velocidad media más alta que la del disco de entrada. En algunas realizaciones, la rueda loca transfiere potencia a una velocidad más alta que el disco de entrada en todas las relaciones.

- 5 Aún en otra realización, la invención incluye una transmisión de velocidad variable que tiene un eje longitudinal y varios rodillos esféricos distribuidos radialmente alrededor del eje longitudinal, estando cada rodillo provisto preferiblemente de un eje inclinable alrededor del cual gira. La transmisión también puede incluir un disco de entrada en contacto con los rodillos. La transmisión puede tener además una rueda loca que puede girar alrededor del eje longitudinal y que está en contacto con cada uno de los rodillos. La transmisión de la invención también puede comprender un árbol de transferencia que puede girar alrededor del eje longitudinal. El árbol puede estar unido rígidamente a la rueda loca, moverse axialmente, y transferir potencia.

Otra de las características de la descripción se refiere a una transmisión de velocidad variable que tiene múltiples cojinetes de transferencia que hacen contacto con un eje de transferencia, que están configurados para rodar axialmente a lo largo de un eje paralelo al eje longitudinal, y que orbitan alrededor del eje longitudinal.

- 15 En algunas realizaciones, un aspecto de la descripción es una transmisión de velocidad variable que comprende un árbol de alta velocidad y un árbol de baja velocidad, pudiendo ambos girar alrededor del eje longitudinal, transfiriendo el árbol de alta velocidad potencia a una velocidad mayor que el árbol de baja velocidad, en el que el árbol de alta velocidad hace contacto con los cojinetes de transferencia.

- 20 Aún en otras realizaciones, la transmisión de velocidad variable incluye un árbol de alta velocidad que tiene una pluralidad de ranuras longitudinales redondeadas a lo largo de ejes paralelos a y radialmente hacia fuera desde el eje longitudinal. Los cojinetes de transferencia pueden adaptarse para encajar en las ranuras longitudinales del árbol de alta velocidad, teniendo cada ranura longitudinal un radio ligeramente mayor que los radios de los cojinetes de transferencia.

- 25 En algunas realizaciones, una transmisión de velocidad variable tiene un árbol de transferencia que contiene una pluralidad de ranuras longitudinales redondeadas a lo largo de ejes paralelos a y radialmente hacia fuera desde el eje longitudinal.

- 30 Otro aspecto de la descripción se refiere a una transmisión de velocidad variable que tiene un eje longitudinal y una rueda loca que puede girar alrededor del eje longitudinal y que está adaptada para transferir potencia. La transmisión puede incluir además un disco de entrada giratorio. La transmisión también puede tener múltiples rodillos esféricos distribuidos radialmente alrededor del eje longitudinal, teniendo cada rodillo un eje inclinable alrededor del cual gira. El rodillo en funcionamiento hace contacto por fricción con la rueda loca y el disco de entrada. Otro aspecto de la transmisión se refiere a un disco de cojinete que puede girar alrededor del eje longitudinal y está adaptado para transferir potencia y absorber fuerza axial. La transmisión también puede incluir un cojinete de disco de cojinete que puede girar alrededor del eje longitudinal, y en el que el cojinete de disco de cojinete hace contacto con el disco de cojinete y es capaz de absorber fuerza axial. Otra característica de la transmisión se refiere a una envuelta giratoria montada sobre el eje longitudinal, estando la envuelta en contacto funcional con rodillos y con el cojinete y el disco de cojinete. En algunas realizaciones, la envuelta está adaptada para no transferir potencia.

- 40 En algunas realizaciones, la transmisión descrita puede incluir un estator de salida no giratorio colocado coaxialmente alrededor del eje longitudinal, estando el estator de salida colocado tanto en el interior como en el exterior de la envuelta, conteniendo el estator de salida al menos una abertura situada fuera de la envuelta, estando la al menos una abertura configurada para proporcionar acceso para cambiar la transmisión.

Aún en otras realizaciones, la transmisión puede tener una abrazadera no giratoria unida rígidamente al estator de salida y unida en funcionamiento a una estructura rígida, tal como un bastidor.

- 45 Otra realización de las disposiciones descritas en este documento se refiere a una transmisión de velocidad variable que tiene un eje longitudinal y varias bolas distribuidas radialmente alrededor del eje longitudinal, teniendo cada bola un eje inclinable alrededor del cual gira. La transmisión también incluye un disco de entrada giratorio situado adyacente a las bolas y en contacto con cada una de las bolas. En algunas realizaciones, la transmisión comprende, además, una rueda loca que puede girar alrededor del eje longitudinal y que está colocada radialmente hacia dentro de y en contacto con cada una de las bolas, siendo la rueda loca capaz de transferir potencia. En algunas realizaciones, la transmisión puede incluir un árbol de transferencia que puede girar alrededor del eje longitudinal y que es capaz de transferir potencia, estando el árbol de transferencia fijado rígidamente a la rueda loca y siendo

capaz de moverse axialmente. La transmisión también puede tener al menos un cojinete de cambio anular capaz de absorber fuerza axial, colocado coaxialmente alrededor del eje longitudinal, y capaz de moverse axialmente al mismo tiempo que el árbol de transferencia y la rueda loca.

5 En algunas realizaciones, la transmisión descrita puede tener un estator de salida no giratorio colocado coaxialmente alrededor del eje longitudinal, estando el estator de salida colocado tanto en el interior como en el exterior de la envuelta, conteniendo el estator de salida al menos una abertura situada fuera de la envuelta, estando la al menos una abertura configurada para proporcionar acceso para cambiar la transmisión. La transmisión de la invención también puede incluir al menos un pasador de cambio en contacto con el cojinete de cambio, y que se extiende a través de la abertura del estator de salida. En otras realizaciones, la transmisión puede incluir un anillo de cambio colocado coaxialmente alrededor del eje longitudinal, estando el anillo de cambio fijado al pasador de cambio y siendo capaz de moverse axialmente con el árbol de transferencia.

15 En otras realizaciones, la descripción se refiere a una transmisión de velocidad variable que tiene un eje longitudinal y múltiples bolas distribuidas radialmente alrededor del eje longitudinal. Preferiblemente, cada bola tiene un eje inclinable alrededor del cual gira. La transmisión también puede tener un disco de entrada funcionalmente en contacto por fricción con cada una de las bolas. La transmisión puede incluir una rueda loca adaptada para transferir potencia, que puede girar alrededor del eje longitudinal, y que está en contacto con cada una de las bolas. La transmisión puede estar configurada de manera que un aro de rodadura de rueda loca y un aro de rodadura de disco de entrada sean iguales cuando γ negativo sea un medio alfa. γ y α se describen a continuación. En algunas realizaciones, la transmisión 600 está configurada de manera que su intervalo de relación sea igual a la relación de sobremarcha de transmisión 100 cuando γ positivo de cada transmisión sea igual. Aún en otras realizaciones, el intervalo de relación de transmisión 1800 es igual a la relación de sobremarcha de transmisión 100 cuando γ positivo de cada transmisión es igual. En algunas realizaciones, la disminución de la velocidad media de transmisión 1800 sigue siendo la misma a medida que γ positivo varía. En algunas realizaciones, el aumento de velocidad de transmisión 600 es igual al radio del disco de entrada dividido por el radio de la rueda loca cuando γ negativo es un medio alfa. En otras realizaciones, la disminución de la velocidad de transmisión 1800 es igual al radio del disco de entrada dividida por el radio de la rueda loca cuando γ negativo es un medio alfa. Aún en otras realizaciones, los valores de γ negativo no producen una tasa de cambio de velocidad tan grande como los valores de γ positivo para la transmisión 600.

30 Otro aspecto de la transmisión descrita se refiere a una transmisión de velocidad variable que tiene un eje longitudinal y bolas distribuidas radialmente alrededor del eje longitudinal, teniendo cada bola un eje inclinable alrededor del cual gira. La transmisión incluye un disco de entrada, una rueda loca y un disco de salida, todos configurados de manera que cada uno del disco de entrada, la rueda loca, y el disco de salida está funcionalmente en contacto por fricción con cada una de las bolas. Las bolas pueden tener superficies texturadas formadas en sus superficies. Un revestimiento duro resistente al desgaste se puede aplicar a las superficies de las bolas. La altura de la superficie texturada tiene preferiblemente un espesor de entre 1 y 10 micras, y más preferiblemente un espesor de entre 0,5 y 5 micras. En algunas realizaciones, los discos de entrada y de salida también tienen superficies texturadas. En otras realizaciones, la superficie texturada aumenta la fricción entre las bolas y uno o ambos de los discos de entrada y de salida. Aún en otras realizaciones, la rueda loca también tiene una superficie texturada. En otras realizaciones, la superficie texturada aumenta la superficie de las bolas. Aún en otras realizaciones, la superficie texturada aumenta la unión mecánica entre el revestimiento y el sustrato.

45 Aún otro aspecto de la descripción se refiere a una transmisión continuamente variable (CVT) que tiene un eje longitudinal y una pluralidad de bolas distribuidas radialmente alrededor del eje longitudinal. La CVT puede incluir además una rueda loca giratoria en contacto con cada una de, y radialmente hacia el interior de, las bolas. La CVT también puede estar configurada de manera que un primer árbol esté acoplado a la rueda loca, y en la que la pluralidad de bolas, la rueda loca giratoria, y el primer árbol estén adaptados para transmitir potencia.

En un aspecto, la descripción se refiere a un aparato de cambio para una transmisión continuamente variable que tiene una pluralidad de bolas dispuestas radialmente alrededor de, y soportadas por, una rueda loca. El aparato de cambio puede incluir un árbol acoplado en funcionamiento a la rueda loca, y una palanca acoplada en funcionamiento al árbol de manera que el accionamiento de la palanca provoque un movimiento axial del árbol.

50 Otro aspecto de la descripción comprende un método para hacer funcionar una transmisión continuamente variable. El método incluye proporcionar un disco de entrada, un disco de salida, una pluralidad de bolas entre y en contacto con el disco de entrada y el disco de salida. El método incluye además poner en contacto cada uno del disco de entrada y el disco de salida con las bolas en un ángulo α , en el que el ángulo α es el ángulo entre una línea paralela a un eje longitudinal de la CVT y una línea paralela a la línea de acción en el punto de contacto entre las bolas y el disco de entrada. El método puede incluir además proporcionar una rueda loca, colocada radialmente hacia el interior de las bolas, en el que la rueda loca está configurada para soportar las bolas. En una realización, el

método también puede incluir la configuración de la CVT de manera que la relación entre un radio del disco de entrada y un radio de la rueda loca sea tal que un aro de rodadura de rueda loca sea mayor o igual que un aro de rodadura de disco de entrada en todos los ángulos γ , en el que γ es el ángulo definido por la inclinación de un eje de rotación de las bolas con respecto a un eje longitudinal de la CVT.

- 5 Aún en otro aspecto, la descripción se refiere a una turbina eólica. En una realización, la turbina eólica puede incluir un rotor de turbina eólica acoplado a un primer árbol, una caja multiplicadora de velocidad acoplada al primer árbol y a un segundo árbol, una transmisión continuamente variable (CVT) acoplada al segundo árbol y a un tercer árbol, y un generador acoplado al tercer árbol. En una realización de la turbina eólica, la CVT incluye un disco de entrada acoplado en funcionamiento al segundo árbol, una pluralidad de bolas accionadas por el disco de entrada, y una
- 10 rueda loca configurada para ser accionada por la pluralidad de bolas. En determinadas realizaciones, la rueda loca está acoplada en funcionamiento al tercer árbol.

Estas y otras mejoras quedarán claras para los expertos en la técnica al leer la siguiente descripción detallada y ver las figuras adjuntas.

Breve descripción de los dibujos

- 15 La figura 1 es una vista lateral en corte de una realización de la transmisión cambiada a alta.
- La figura 2 es una vista lateral en corte de la transmisión de la figura 1 cambiada a baja.
- La figura 3 es una vista en sección transversal parcialmente extrema de la transmisión tomada por la línea III-III de la figura 1.
- La figura 4 es una vista lateral en corte esquemática de la rueda loca y del subconjunto de rampa de la transmisión
- 20 de la figura 1.
- La figura 5 es una vista en perspectiva esquemática del subconjunto de bolas de la transmisión de la figura 1.
- La figura 6 es una vista esquemática del subconjunto de varilla de cambio de la transmisión de la figura 1 .
- La figura 7 es una vista lateral en corte esquemática del subconjunto de jaula de la transmisión de la figura 1.
- La figura 8 es una vista lateral en corte del disco de salida de la transmisión de la figura 1.
- 25 La figura 9 es una vista lateral en corte de una realización de una transmisión de acuerdo con las características de la invención descritas en este documento.
- La figura 10 es una vista en perspectiva en corte parcial de la transmisión de la figura 9.
- La figura 11 vista en perspectiva despiezada en corte parcial de un subconjunto de cambio para la transmisión de la figura 9.
- 30 La figura 12 es una vista en perspectiva en corte de un mecanismo de transferencia de par que proporciona movimiento axial de la transmisión de la figura 9.
- La figura 13 es una vista en perspectiva en corte de una rueda loca y de un subconjunto de guía de cambio de la transmisión de la figura 9.
- La figura 14 es una vista esquemática parcial de bolas y discos para una realización de la transmisión de la figura 9.
- 35 La figura 15 es una vista esquemática parcial de las bolas y los discos para una realización de la transmisión de la figura 9.
- La figura 16 es una vista en perspectiva de un estator de salida de la transmisión de la figura 9.
- La figura 17 es una vista en perspectiva de un anillo de cambio de la transmisión de Figura 9.

La figura 18 es una vista en perspectiva en corte parcial de una realización alternativa de la transmisión de acuerdo con las características de la invención descritas en este documento.

La figura 19 es un gráfico que muestra diferentes relaciones, por ejemplo, relaciones de multiplicador de velocidad entre 2,03 y 7,10, para las transmisiones de las figuras 1, 9, y 18.

5 La figura 20 es un gráfico que muestra diferentes relaciones, por ejemplo, relaciones de multiplicador de velocidad entre 1,97 y 3,87 para las transmisiones de las figuras 1, 9, y 18.

La figura 21 es una vista esquemática de la transmisión de la figura 9 aplicada en una turbina eólica.

La figura 22 es un perfil de superficie de los discos, las bolas y la rueda loca de las transmisiones de las figuras 1, 9, y 18.

10 Descripción detallada de la realización preferida

Las realizaciones de la invención se describirán ahora con referencia a las figuras que se acompañan, en las que los mismos números de referencia se refieren a elementos similares. La terminología utilizada en la descripción presentada en este documento no está destinada a ser interpretada de ninguna manera limitativa o restrictiva, simplemente porque se está utilizando junto con una descripción detallada de determinadas realizaciones específicas de la invención. Además, las realizaciones de la invención pueden incluir varias características nuevas, no siendo sólo una de ellas la única responsable de sus atributos deseables o esencial para la práctica de las invenciones descritas en este documento.

Las transmisiones descritas en este documento son del tipo que utilizan bolas de ajuste de velocidad con ejes que se inclinan tal como se describe, por ejemplo, en las patentes US 6.241.636, 6.322.475 y 6.419.608 y 6.689.012. Las realizaciones descritas en estas patentes y las que se describen en este documento tienen típicamente dos lados generalmente separados por una parte de variador, que se describe a continuación, un lado de entrada y un lado de salida. El lado de accionamiento de la transmisión, que es el lado que recibe el par o la fuerza de rotación en la transmisión, se denomina lado de entrada, y el lado accionado de la transmisión, o el lado que transfiere el par desde la transmisión fuera de la transmisión, se denomina lado de salida. Un disco de entrada y un disco de salida están en contacto con las bolas de ajuste de velocidad. Como las bolas se inclinan por sus ejes, el punto de contacto de rodadura en un disco se mueve hacia el polo o eje de la bola, donde hace contacto con la bola en un círculo de diámetro decreciente, y el punto de contacto de rodadura en el otro disco se mueve hacia el ecuador de la bola, poniéndose así en contacto con el disco en un círculo de diámetro creciente. Si el eje de la bola se inclina en la dirección opuesta, los discos de entrada y de salida, respectivamente, experimentan la relación inversa. De esta manera, la relación entre la velocidad de rotación del disco de entrada y la del disco de salida, o la relación de transmisión, se puede cambiar en un intervalo amplio simplemente inclinando los ejes de las bolas de ajuste de velocidad. Los centros de las bolas definen la frontera entre el lado de entrada y el lado de salida de la transmisión y componentes similares que se encuentran tanto en el lado de entrada de las bolas como en el lado de salida de las bolas se describen generalmente en este documento con los mismos números de referencia. Los componentes similares situados en ambos lados de entrada y de salida de la transmisión por lo general tienen el sufijo "a" adjunto al final del número de referencia si se encuentran en el lado de entrada, y los componentes situados en el lado de salida de la transmisión generalmente tienen el sufijo "b" adjunto al final de sus números de referencia respectivos.

Con referencia a las figuras 1 y 2, se ilustra una realización de una transmisión 100 que tiene un eje longitudinal 11 alrededor del cual se distribuyen radialmente múltiples bolas de ajuste de velocidad 1. Las bolas de ajuste de velocidad 1 de algunas realizaciones permanecen en sus posiciones angulares alrededor del eje longitudinal 11, mientras que en otras realizaciones, las bolas 1 son libres para orbitar alrededor del eje longitudinal 11. Las bolas 1 hacen contacto por su lado de entrada mediante un disco de entrada 34 y por su lado de salida mediante un disco de salida 101. Los discos de entrada y de salida 34, 101 son discos anulares que se extienden desde un orificio interior, cerca del eje longitudinal 11 en sus respectivos lados de entrada y de salida de las bolas 1, hasta un punto radial en el que cada uno de ellos hace contacto con las bolas 1. Los discos de entrada y de salida 34, 101 tienen cada uno una superficie de contacto que forma la zona de contacto entre cada disco 34 y 101, y las bolas 1. En general, a medida que el disco de entrada 34 gira alrededor del eje longitudinal 11, cada parte de la zona de contacto del disco de entrada 34 gira y entra en contacto secuencialmente con cada una de las bolas 1 durante cada rotación. Esto es similar también para el disco de salida 101.

50 El disco de entrada 34 y el disco de salida 101 pueden formarse como discos simples o pueden ser cóncavos, convexos, cilíndricos o tener cualquier otra forma, dependiendo de la configuración de la entrada y la salida deseada. En una realización, los discos de entrada y de salida son discos de radios a fin de que sean más ligeros

para aplicaciones sensibles al peso. Las superficies de contacto de rodadura de los discos en las que se acoplan las bolas de ajuste de velocidad pueden tener un perfil plano, cóncavo, convexo, u otro perfil conformado en función del par y de los requisitos de eficiencia de la aplicación. Un perfil cóncavo, en el que los discos se ponen en contacto con las bolas, disminuye la cantidad de fuerza axial necesaria para evitar el deslizamiento, mientras que un perfil convexo aumenta la eficiencia.

Además, todas las bolas 1 entran en contacto con una rueda loca 18 por su punto radialmente más interno correspondiente. La rueda loca 18 es un componente generalmente cilíndrico que se apoya coaxialmente alrededor del eje longitudinal 11 y ayuda a mantener la posición radial de las bolas 1. Con referencia al eje longitudinal 11 de muchas realizaciones de la transmisión, las superficies de contacto del disco de entrada 34 y del disco de salida 101 pueden estar situadas en general radialmente hacia fuera desde el centro de las bolas 1, con la rueda loca 18 situada radialmente hacia dentro desde la bolas 1, de modo que cada bola 1 hace contacto por tres puntos con la rueda loca 18, el disco de entrada 34 y el disco de salida 101. El disco de entrada 34, el disco de salida 101 y la rueda loca 18 pueden todos girar alrededor del mismo eje longitudinal 11 en muchas realizaciones, y se describen con más detalle a continuación.

Debido al hecho de que las realizaciones de las transmisiones 100 descritas en este documento son transmisiones de tracción de rodadura, en algunas realizaciones, se requieren fuerzas axiales elevadas para evitar el deslizamiento del disco de entrada 34 y del disco de salida 101 en los contactos de bolas 1. Ya que la fuerza axial aumenta durante periodos de alta transferencia de par, la deformación de las bandas de contacto, en las que el disco de entrada 34, el disco de salida 101 y la rueda loca 18 hacen contacto con las bolas 1, llega a ser un problema serio, reduciendo la eficiencia y la vida útil de estos componentes. La cantidad de par que puede transferirse a través de estas bandas de contacto es finito y es una función del límite elástico del material del que están hechos las bolas 1, el disco de entrada, 34, el disco de salida 101 y la rueda loca 18. El coeficiente de fricción de las bolas 1, del disco de entrada, 34, del disco de salida 101 y de la rueda loca 18 tiene un efecto drástico en la cantidad de fuerza axial necesaria para transferir una cantidad dada de par y por tanto afecta en gran medida a la eficiencia y a la vida útil de la transmisión. El coeficiente de fricción de los rodamientos en una transmisión de tracción es una variable muy importante que afecta al rendimiento.

Algunos revestimientos pueden aplicarse a las superficies de las bolas 1, del disco de entrada 34, del disco de salida 101 y de la rueda loca 18 para mejorar su rendimiento. De hecho, tales revestimientos pueden utilizarse de manera ventajosa en los elementos de contacto de rodadura de cualquier transmisión de tracción de rodadura para lograr los mismos beneficios adicionales que se logran para las realizaciones de las transmisiones descritas en este documento. Algunos revestimientos tienen el efecto beneficioso de aumentar el coeficiente de fricción de las superficies de estos rodamientos. Algunos revestimientos tienen un alto coeficiente de fricción y también muestran un coeficiente variable de fricción, que aumenta a medida que aumenta la fuerza axial. Un alto coeficiente de fricción permite que se necesite menos fuerza axial para un par dado, aumentando así la eficiencia y la vida útil de la transmisión. Un coeficiente de fricción variable aumenta el par nominal máximo de la transmisión disminuyendo la cantidad de fuerza axial requerida para transferir este par máximo.

Algunos revestimientos, tales como cerámicas y cermets, poseen excelentes propiedades de desgaste y dureza, y pueden prolongar en gran medida la vida útil de los rodamientos altamente cargados en una transmisión de tracción de rodadura. Un revestimiento cerámico, tal como nitruro de silicio, puede tener un alto coeficiente de fricción, un coeficiente de fricción variable que aumenta a medida que aumenta la fuerza axial y también puede aumentar la vida útil de las bolas 1, del disco de entrada 34, del disco de salida 101 y de la rueda loca 18 cuando se aplica a las superficies de estos componentes en una capa muy delgada. El espesor del revestimiento depende del material utilizado para el revestimiento y puede variar de una aplicación a otra, aunque típicamente está en el intervalo de entre 0,5 micras y 2 micras para una cerámica y de entre 0,75 micras y 4 micras para un cermet.

Es importante tener en cuenta el proceso utilizado para aplicar el revestimiento cuando las bolas 1, el disco de entrada 34, el disco de salida 101 y la rueda loca 18 están hechos de acero endurecido, que es el material utilizado en muchas realizaciones de las transmisiones descritas este documento. Algunos procesos utilizados para aplicar cerámicas y cermets requieren altas temperaturas y van a reducir la dureza de las bolas 1, del disco de entrada 34, del disco de salida 101 y de la rueda loca 18, perjudicando el rendimiento y siendo responsables en parte de un fallo prematuro. Un proceso de aplicación a baja temperatura es deseable y varios de estos procesos están disponibles, entre los que se incluyen plasma al vacío a baja temperatura, pulverización catódica con magnetrón reactiva pulsada CD, deposición química por vapor mejorada con plasma (PE-CVD), deposición física por vapor con magnetrón desequilibrado, y galvanización. El proceso de galvanización es atractivo debido a su bajo coste y porque se puede crear un baño personalizado para lograr las propiedades de revestimiento deseadas. La inmersión de los rodamientos en un baño de carburo de silicio o de nitruro de silicio con níquel no electrolítico codepositado o níquel electrodepositado con carburo de silicio o nitruro de silicio es una solución a baja temperatura que es muy adecuada para la producción a gran volumen. Debe tenerse en cuenta que otros materiales pueden ser utilizados además de

los mencionados. Con este proceso de aplicación, las piezas están contenidas en una jaula sumergida en el baño y agitada de manera que la solución se ponga en contactos con todas las superficies. El espesor del revestimiento se controla mediante el tiempo en el que los componentes se encuentran inmersos en el baño. Por ejemplo, algunas realizaciones van a empapar los componentes utilizando nitruro de silicio con níquel no electrolítico codepositado durante cuatro (4) horas para lograr el espesor de revestimiento adecuado, aunque esto es únicamente un ejemplo y se conocen muchas maneras de formar el revestimiento y de controlar su espesor y se pueden utilizar teniendo en cuenta las propiedades deseadas, el espesor deseado y el sustrato o metal de base del que están hechos los componentes.

Las figuras 1, 2 y 3, ilustran una realización de una transmisión continuamente variable 100 que está cubierta por una envuelta 40 que protege la transmisión 100, contiene lubricante, alinea componentes de la transmisión 100 y absorbe fuerzas de la transmisión 100. Una tapa de envuelta 67, en algunas realizaciones, puede cubrir la envuelta 40. La tapa de envuelta 67 tiene generalmente forma de disco con un orificio a través de su centro por el que pasa un árbol de entrada. La tapa de envuelta 67 tiene un conjunto de roscas en su diámetro exterior que se enroscan en un conjunto de roscas correspondientes del diámetro interior de la envuelta 40. Aunque en otras realizaciones la tapa de envuelta 67 se puede fijar a la envuelta 40 o mantener en su sitio mediante un anillo de retención y la ranura correspondiente de la envuelta 40, y por tanto no tendría que enroscarse en su diámetro exterior. En realizaciones que utilizan elementos de fijación para fijar la tapa de envuelta 67, la tapa de envuelta 67 se extiende hasta el diámetro interior de la envuelta 40, de manera que los elementos de fijación (no mostrados) que se utilizan para atornillar la envuelta 40 a la maquinaria a la que está unida la transmisión 100 pueden ser pasados a través de orificios correspondientes de la tapa de envuelta 67. La tapa de envuelta 67 de la realización ilustrada tiene una parte cilíndrica que se extiende desde una zona cercana a su diámetro exterior hacia el lado de salida de la transmisión 100 para soportar además otros componentes de la transmisión 100.

La parte fundamental de la realización de la transmisión 100 ilustrada es una pluralidad de bolas 1 que tienen típicamente forma esférica y están radialmente distribuidas de manera sustancialmente uniforme o simétricamente alrededor de la línea central o del eje longitudinal 11 de rotación de la transmisión 100. En la realización ilustrada, se utilizan ocho bolas 1. Sin embargo, debe tenerse en cuenta que se podrían utilizar más o menos bolas 1 en función del uso de la transmisión 100. Por ejemplo, la transmisión puede incluir 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, o más bolas. La provisión de más de 3, 4, o 5 bolas puede distribuir más ampliamente las fuerzas ejercidas sobre las bolas individuales 1 y sus puntos de contacto con otros componentes de la transmisión 100 y también puede reducir la fuerza necesaria para evitar que la transmisión 100 se deslice en las bandas de contacto de bola 1. Algunas realizaciones de aplicaciones con par bajo, aunque con una relación de transmisión alta utilizan unas pocas bolas 1 de diámetros relativamente grandes, mientras que algunas realizaciones de aplicaciones con par alto y una relación de transmisión alta pueden usar más bolas 1 de diámetros relativamente grandes. Otras realizaciones, de aplicaciones con par alto y una relación de transmisión baja y donde una eficiencia alta no es importante, usan más bolas 1 de diámetros relativamente más pequeños. Por último, algunas realizaciones, de aplicaciones con par bajo y donde una eficiencia alta no es importante, utilizan pocas bolas 1 de diámetros relativamente más pequeños.

Se insertan ejes de bolas 3 a través de orificios que se desplazan a través del centro de cada una de las bolas 1, para definir un eje de rotación para cada una de las bolas 1. Los ejes de bolas 3 son generalmente árboles alargados alrededor de los que giran las bolas 1, y tienen dos extremos que se extienden fuera de cada lado del orificio a través de las bolas 1. Algunas realizaciones tienen ejes de bolas con forma cilíndrica 3, aunque se puede utilizar cualquier forma. Las bolas 1 están montadas para girar libremente alrededor de los ejes de bolas 3.

En algunas realizaciones, se utilizan cojinetes (no se ilustran por separado) para reducir la fricción entre la superficie exterior de los ejes de bolas 3 y la superficie del orificio que atraviesa la bola correspondiente 1. Estos cojinetes pueden ser cualquier tipo de cojinetes situados en cualquier lugar a lo largo de las superficies de contacto de las bolas 1 y de sus correspondientes ejes de bolas 3, y muchas realizaciones van a prolongar al máximo la vida útil y la utilidad de tales cojinetes mediante principios mecánicos estándar comunes en el diseño de sistemas mecánicos dinámicos. En algunas de estas realizaciones, unos cojinetes radiales están situados en cada extremo del orificio que atraviesa las bolas 1. Estos cojinetes pueden incorporar la superficie interior del orificio o la superficie exterior de los ejes de bolas 3 como sus aros de rodadura, o los cojinetes pueden incluir aros de rodadura separados que encajan en cavidades apropiadas formadas en el orificio de cada bola 1 y en cada eje de bola 3. En una realización, una cavidad para un cojinete (no mostrada) se forma expandiendo, al menos en ambos extremos, el orificio que atraviesa cada bola 1 con un diámetro apropiado de manera que se pueda encajar y mantener un cojinete radial, un rodillo, una bola u otro tipo, dentro de la cavidad así formada. En otra realización, los ejes de bola 3 están recubiertos con un material de reducción de fricción tal como metal blando, teflón u otro material similar.

Muchas realizaciones también minimizan la fricción entre los ejes de bolas 3 y las bolas 1 mediante la introducción de lubricación en el orificio de los ejes de bolas 3. La lubricación puede ser inyectada en el orificio alrededor de los ejes de bolas 3 mediante una fuente de presión, o puede ser arrastrada hasta el orificio a través de las estrías o las

ranuras helicoidales formadas en los mismos ejes de bolas 3. A continuación se proporciona un análisis más detallado de la lubricación de los ejes de bolas 3.

En la figura 1, los ejes de rotación de las bolas 1 se muestran inclinados en una dirección que pone la transmisión en una relación alta, en la que la velocidad de salida es mayor que la velocidad de entrada. Si los ejes de bolas 3 son horizontales, es decir paralelos al eje principal de la transmisión 100, la transmisión 100 está en una relación entre la tasa de rotación de entrada y la tasa de rotación de salida de 1:1, en la que las velocidades de rotación de entrada y de salida son iguales. En la figura 2, los ejes de rotación de las bolas 1 se muestran inclinados en una dirección en la que la transmisión 100 está en una relación baja, lo que significa que la velocidad de rotación de salida es más lenta que la velocidad de rotación de entrada. Para simplificar, en la figura 2 solo se numeran las partes que cambian la posición o la orientación cuando la transmisión 100 se cambia.

Las figuras 1, 2, 4 y 5 ilustran cómo los ejes de las bolas 1 pueden inclinarse en funcionamiento para cambiar la transmisión 100. Con referencia a la figura 5, una pluralidad de patas 2, que en la mayoría de las realizaciones son generalmente puntales, están unidas a los ejes de bolas 3 cerca de cada uno de los extremos de los ejes de bolas 3 que se extienden sobrepasando los extremos de los orificios perforados a través de las bolas 1. Cada pata 2 se extiende desde su punto de unión a su eje de bola 3 correspondiente radialmente hacia dentro, hacia el eje de la transmisión 100. En una realización, cada una de las patas 2 tiene un orificio pasante que recibe un extremo correspondiente de uno de los ejes de bolas 3. Los ejes de bolas 3 se extienden preferiblemente a través de las patas 2 de manera que tienen un extremo expuesto más allá de cada pata 2. En las realizaciones ilustradas, los ejes de bolas 3 tienen ventajosamente rodillos 4 situados coaxialmente y de manera deslizante sobre los extremos expuestos de los ejes de bolas 3. Los rodillos 4 son generalmente ruedas cilíndricas encajadas sobre los ejes de bolas 3 fuera de y más allá de las patas 2 y giran libremente alrededor de los ejes de bolas 3. Los rodillos 4 se pueden fijar a los ejes de bolas 3 mediante clips de resorte u otro mecanismo similar, o se pueden desplazar libremente sobre los ejes de bolas 3. Los rodillos 4 pueden ser, por ejemplo, cojinetes radiales en los que los aros de rodadura exteriores de los cojinetes forman la rueda o superficie de rodadura. Como se ilustra en las figuras 1 y 7, los rodillos 4 y los extremos de los ejes de bolas 3 encajan en ranuras 86 formadas por, o en un par de estatores 80a, 80b.

Los estatores 80a, 80b de una realización se ilustran en las figuras 5 y 7. El estator de entrada 80a y el estator de salida 80b ilustrados tienen generalmente forma de discos paralelos situados anularmente alrededor del eje longitudinal 11 de la transmisión a cada lado de las bolas 1. Los estatores 80a, 80b de muchas realizaciones están formados por discos de estator de entrada 81a y discos de estator de salida 81b, respectivamente, que son generalmente discos anulares de espesor sustancialmente uniforme con múltiples aberturas y que se describen más del adelante. Cada disco de estator de entrada y de salida 81a, 81b tiene un primer lado orientado hacia las bolas 1 y un segundo lado orientado en dirección opuesta a las bolas 1. Múltiples curvas de estator 82 están unidas al primer lado de los discos de estator 81a, 81b. Las curvas de estator 82 son superficies curvadas aseguradas o fijadas a los discos de estator 81a, 81b que tienen cada una una cara cóncava 90 orientada hacia las bolas 1 y una cara convexa 91 orientada en dirección opuesta a las bolas 1 y en contacto con sus respectivos discos de estator 81. En algunas realizaciones, las curvas de estator 82 forman parte integrante de los discos de estator 81a, 81b. Las curvas de estator 82 de muchas realizaciones tienen un grosor sustancialmente uniforme y tienen al menos una abertura (no mostrada por separado) que se utiliza para alinear y fijar las curvas de estator 82 una a otra y a los discos de estator 81. Las curvas de estator 82 de muchas realizaciones, o los discos de estator 81a, 81b en los que se utilizan partes integrantes, incluyen una muesca 710 que acepta el espaciador plano 83, que permite además colocar y alinear las curvas de estator 82 y los discos de estator 81a, 81b. Los espaciadores planos 83 son generalmente planos y generalmente piezas rectangulares de material rígido que se extienden entre e interconectan el estator de entrada 80a y el estator de salida 80b. Los espaciadores planos 83 encajan en las muescas 710 formadas en las curvas de estator 82. En la realización ilustrada, los espaciadores planos 83 no están fijados o de otro modo conectados a las curvas de estator 82; sin embargo, en algunas realizaciones los espaciadores planos 83 están fijados a las curvas de estator 82 mediante soldadura, adhesivo, o fiadores.

También como se ilustra en la figura 7, múltiples espaciadores cilíndricos 84, con una forma generalmente cilíndrica y con orificios al menos en cada extremo, están radialmente situados en el interior de los espaciadores planos 83 y también conectan y colocan los discos de estator 81 y las curvas de estator 82. Los orificios de los espaciadores cilíndricos 84 aceptan un elemento de fijación de espaciador 85 en cada extremo. Los elementos de fijación de espaciador 85 están diseñados para fijar y mantener juntos los discos de estator 81a, 81b, las curvas de estator 82, los espaciadores planos 83 y los espaciadores cilíndricos 84, que forman en conjunto la jaula 89. La jaula 89 mantiene las posiciones radiales y angulares de las bolas 1 y alinea las bolas 1 una con respecto a otra.

Los ejes de rotación de las bolas 1 se cambian moviendo bien las patas del lado de entrada o bien las patas del lado de salida 2 radialmente fuera del eje de la transmisión 100, que inclina los ejes de bolas 3. Mientras esto ocurre, cada rodillo 4 encaja y sigue una ranura 86, que es ligeramente mayor que el diámetro del rodillo 4 y que está

formada por el espacio que hay entre cada par de curvas de estator adyacentes 82. Los rodillos 4 por tanto, ruedan a lo largo de la superficie de los lados 92, 93 de las curvas de estator 82, de un primer lado 92 y de un segundo lado 93 para cada curva de estator 82, con el fin de mantener el plano de movimiento de los ejes de bolas 3 en línea con el eje longitudinal 11 de la transmisión 100. En los muchas realizaciones, cada rodillo 4 rueda en un primer lado 92 de la curva de estator 82 en el lado de entrada de la transmisión 100 y en un primer lado correspondiente 92 de la curva de estator de salida correspondiente 82. Típicamente en dichas realizaciones, las fuerzas de la transmisión 100 impiden que los rodillos 4 se pongan en contacto con el segundo lado 93 de las curvas de estator 82 en funcionamiento normal. Los rodillos 4 tienen un diámetro ligeramente más pequeño que la anchura de las ranuras 86, formando un pequeño espacio entre los bordes de las ranuras 86 y la circunferencia de cada rodillo correspondiente.

Si los conjuntos opuestos de curvas de estator 82 del estator de entrada 80a y del estator de salida 80b estuvieran en perfecta alineación, el pequeño espacio entre las circunferencias de los rodillos 4 y las ranuras 86 permitiría que los ejes de bolas se inclinasen ligeramente y se desalineasen del eje longitudinal 11 de la transmisión 100. Esta condición produce deslizamiento lateral, una situación en la que se permite que los ejes de bolas 3 se muevan ligeramente de manera lateral, lo que reduce la eficiencia de transmisión global. En algunas realizaciones, las curvas de estator 82 de los lados de entrada y de salida de la transmisión 100 pueden estar ligeramente desplazadas entre sí de manera que los ejes de bolas 3 permanecen paralelos al eje de la transmisión 100. Cualquier fuerza tangencial, principalmente una fuerza transaxial, que las bolas 1 pueden aplicar a los ejes de bolas 3 es absorbida por los ejes de bolas 3, los rodillos 4 y los primeros lados 92, 93. A medida que la transmisión 100 cambia a una relación de transmisión más baja o más alta mediante el cambio de los ejes de rotación de las bolas 1, cada uno de los pares de rodillos 4, situados en los extremos opuestos de un solo eje de bola 3, se mueve en direcciones opuestas a lo largo de sus ranuras respectivas correspondientes 86 rodando hacia arriba o hacia abajo por un lado correspondiente de la ranura 86.

Con referencia a las figuras 1 y 7, la jaula 89 puede fijarse rígidamente a la envuelta 40 con uno o más conectores de envuelta 167. Los conectores de envuelta 167 se extienden en general perpendicularmente desde la parte radial más externa de los espaciadores planos 83. Los conectores de envuelta 167 se pueden fijar a los espaciadores planos 83 o se pueden formar íntegramente con los espaciadores planos 83. El diámetro exterior formado aproximadamente por los lados exteriores de los conectores de envuelta 167 tiene sustancialmente la misma dimensión que el diámetro interior de la envuelta 40 y los orificios de la envuelta 40 y de los conectores de envuelta 167 facilitan el uso de elementos de fijación estándar y especiales, que fijan rígidamente los conectores de envuelta 167 a la envuelta 40, asegurando así y evitando que la jaula 40 se mueva. La envuelta 40 tiene orificios de montaje que proporcionan la fijación de la envuelta 40 a un bastidor o a otro cuerpo estructural. En otras realizaciones, los conectores de envuelta 167 se pueden formar como parte de la envuelta 40 y proporcionar un lugar para la fijación de los espaciadores planos 83 u otros componentes de la jaula 89 con el fin de inmovilizar la jaula 89.

Las figuras 1, 5 y 7 ilustran una realización que incluye un par de ruedas de estator 30 fijadas a cada una de las patas 2 que ruedan sobre la cara cóncava 90 de las superficies curvadas 82 a lo largo de una vía cercana al borde de los lados 92, 93. Las ruedas de estator 30 están fijadas a las patas 2 generalmente en la zona en la que los ejes de bolas 3 pasan a través de las patas 2. Las ruedas de estator 30 pueden fijarse a las patas 2 con pasadores de ruedas de estator 31, que pasan a través de un orificio que atraviesa las patas 2 que es generalmente perpendicular a los ejes de bolas 3, o pueden fijarse con cualquier otro método de fijación. Las ruedas de estator 30 están montadas coaxialmente y de manera deslizante sobre los pasadores de ruedas de estator 31 y aseguradas con elementos de fijación estándar, tales como, por ejemplo, anillos de retención. En algunas realizaciones, las ruedas de estator 30 son cojinetes radiales con el aro de rodadura interior montado en los pasadores de ruedas de estator 31 y el aro de rodadura exterior formando la superficie de rodadura. En algunas realizaciones, una rueda de estator 30 está colocada en cada lado de una pata 2 con suficiente holgura desde la pata 2 para permitir que las ruedas de estator 30 rueden radialmente a lo largo de las caras cóncavas 90, con respecto al eje longitudinal 11, cuando se cambia la transmisión 100. En algunas realizaciones, las caras cóncavas 90 están formadas de manera que son concéntricas alrededor del eje longitudinal 11 formado por el centro de las bolas 1.

Aún con referencia a las figuras 1, 5 y 7, se ilustran unas ruedas de guía 21 que se pueden fijar al extremo de las patas 2 que están más cerca del eje longitudinal 11. En la realización ilustrada, las ruedas de guía 21 están insertadas en una muesca formada en el extremo de las patas 2. Las ruedas de guía 21 se mantienen en su sitio en las muescas de las patas 21 con los pasadores de ruedas de guía 22, o con cualquier otro método de fijación. Las ruedas de guía 21 están montadas coaxialmente y de manera deslizante sobre los pasadores de ruedas de guía 22, que se insertan en orificios formados en las patas 2 a cada lado de las ruedas de guía 21 y perpendicularmente al plano de la muesca. En algunas realizaciones, las patas 2 están diseñadas para deformarse elásticamente más o menos hasta cierto punto con el fin de permitir las tolerancias de fabricación de las partes de la transmisión 100. La bola 1, las patas 2, el eje de bola 3, los rodillos 4, las ruedas de estator 30, los pasadores de ruedas de estator 31,

las ruedas de guía 21 y los pasadores de ruedas de guía 22 forman conjuntamente el conjunto de bolas/patas 403 ilustrado en la figura 5.

5 Con referencia a la realización ilustrada en las figuras 4, 6 y 7, el cambio se acciona mediante la rotación de una varilla 10 que está situada fuera de la envuelta 40. La varilla 10 se utiliza para enrollar y desenrollar un cable de
 10 entrada flexible 155a y un cable de salida flexible 155b que están fijados a, por sus primeros extremos correspondientes, y enrollados alrededor de la varilla 10, en direcciones correspondientes opuestas. En algunas realizaciones, el cable de entrada 155a se enrolla en el sentido contrario a las agujas del reloj alrededor de la varilla 10 y el cable de salida 155b se enrolla en el sentido de las agujas del reloj alrededor de la varilla 10, cuando se mira de derecha a izquierda, como se ilustra la varilla 10 en la figura 6. Tanto el cable de entrada 155a como el cable de
 15 salida 155b se extienden a través de orificios de la envuelta 40 y luego a través del primer extremo de un alojamiento de cable flexible de entrada 151a y de un alojamiento de cable flexible de salida 151b. El alojamiento de cable flexible de entrada 151a y el alojamiento de cable flexible de salida 151b de la realización ilustrada son tubos alargados flexibles que guían el cable de entrada 155a y el cable de salida 155b radialmente hacia dentro, hacia el eje longitudinal 11, a continuación longitudinalmente hacia fuera, a través de orificios de los discos de estator 81a, 81b, y luego de nuevo radialmente hacia dentro, donde el segundo extremo de los alojamientos de cable flexible de entrada y salida 151a, 151b se inserta en y se fija al primer extremo de unos alojamientos de cable rígido de entrada y salida 153a, 153b, respectivamente.

20 Los alojamientos de cable rígido de entrada y salida 153a, 153b, son tubos no flexibles por los que pasan los cables 155a, 155b y son guiados radialmente hacia dentro desde los segundos extremos de los alojamientos de cable flexible 151a, 151b y a continuación dirigen los cables 155a, 155b longitudinalmente a través de orificios de los discos de estator 81a, 81b y hacia un segundo extremo de los alojamientos de cable rígido 153a, 153b cerca de la rueda loca 18. En muchas realizaciones, los cables 155a, 155b se fijan por sus segundos extremos a una guía de cambio de entrada 13a, y a una guía de cambio de salida 13b (que se describen más adelante) con elementos de fijación de cable convencionales o con otros medios de fijación adecuados. Como se describirá más adelante, las guías de cambio 13a, 13b colocan la rueda loca 18 axialmente a lo largo del eje longitudinal 11 y colocan las patas 3 radialmente, cambiando de este modo los ejes de las bolas 1 y la relación de la transmisión 100.

30 Si un usuario gira la varilla 10 en el sentido contrario a las agujas del reloj, con respecto al eje de la varilla 10 de derecha a izquierda como se ilustra en la figura 6, ya sea manualmente o con ayuda de una fuente de alimentación, el cable de entrada 155a se desenrolla de la varilla 10 y el cable de salida 155b se enrolla en la varilla 10. Por lo tanto, el segundo extremo del cable de salida 155b aplica una fuerza de tracción a la guía de cambio de salida 13b y el cable de entrada 155a se desenrolla de la varilla 10 una cantidad proporcional. Esto mueve la rueda loca 18 axialmente hacia el lado de salida de la transmisión 100 y cambia la transmisión 100 a baja.

35 Aún con una referencia a las figuras 4, 5 y 7, cada guía de cambio ilustrada 13a, 13b, tiene generalmente forma de anillo anular con diámetros interior y exterior, y están conformadas para tener dos lados. El primer lado es una superficie generalmente recta que se pone dinámicamente en contacto con y soporta axialmente la rueda loca 18 a través de dos conjuntos de cojinetes de rueda loca 17a, 17b, estando cada uno asociado con una guía de cambio correspondiente 13a, 13b. El segundo lado de cada guía de cambio 13a, 13b, el lado orientado en dirección opuesta a la rueda loca 18, es un lado de leva que se desplaza de una superficie recta o plana radial 14, hacia el diámetro interior de las guías de cambio 13a, 13b, hasta una curva convexa 97 hacia el diámetro exterior de las guías de cambio 13a, 13b. En el diámetro interior de las guías de cambio 13a, 13b, un manguito tubular longitudinal 417a, 417b se extiende axialmente hacia la guía de cambio opuesta 13a, 13b con el fin de coincidir con el manguito tubular 417a, 417b desde esa guías de cambio 13a, 13b. En algunas realizaciones, como se ilustra en la figura 4, el manguito tubular 417a de la guía de cambio de lado de entrada 13a tiene parte de su diámetro interior taladrado para aceptar el manguito tubular 417b de la guía de cambio de salida 13b. De la misma manera, una parte del diámetro exterior del manguito tubular 417b se ha eliminado para permitir que una parte de ese manguito tubular 417a sea insertada en el manguito tubular 417b, y viceversa. Esto proporciona una estabilidad adicional a las guías de cambio 13a, 13b de dichas realizaciones.

40 La vista lateral en sección transversal de las guías de cambio 13a, 13b ilustradas en la figura 4 muestra, en esta realización, que el perfil de superficie plana 14 del lado orientado en dirección opuesta es perpendicular al eje longitudinal 11 hasta un punto radial donde las ruedas de guía 21 hacen contacto con las guías de cambio 13a, 13b, si los ejes de bolas 3 son paralelos al eje longitudinal 11. A partir de este punto, saliendo hacia el perímetro de la guía de cambio 13a, 13b, el perfil de las guías de cambio 13a, 13b se curva en una forma convexa. En algunas realizaciones, la curva convexa 97 de una guía de cambio 13a, 13b no es un radio sino un conjunto de múltiples radios, o está conformada hiperbólicamente, asintóticamente o de otra manera. A medida que la transmisión 100 se
 45 cambia a baja, las ruedas de guía de entrada 21a ruedan hacia el eje longitudinal 11 en la parte plana 14 de la guía de cambio 13a, y las ruedas de guía de salida 21b ruedan en la parte curvada convexa 97 de la guía de cambio 13b en dirección opuesta al eje longitudinal 11. Las guías de cambio 13a, 13b, pueden fijarse entre sí, enroscando el

5 manguito tubular de la guía de cambio de entrada 13a con roscas macho y el manguito tubular del manguito de salida 13b con roscas hembra, o viceversa, y enroscando las guías de cambio 13a, 13b, entre sí. Una guía de cambio 13a, 13b, ya sea la de entrada o la de salida, también puede ser empujada hasta la otra guía de cambio 13a, 13b. Las guías de cambio 13a, 13b también se pueden fijar usando otros métodos tales como pegamento, adhesivo de metal, soldadura o cualquier otro medio.

10 Las curvas convexas 97 de las dos guías de cambio 13a, 13b, actúan como superficies de leva, poniéndose cada una en contacto con y empujando las múltiples ruedas de guía 21. La superficie plana 14 y la curva convexa 97 de cada guía de cambio 13a, 13b se ponen en contacto con las ruedas de guía 21 de manera que las guías de cambio 13a, 13b se mueven axialmente a lo largo del eje longitudinal 11, las ruedas de guía 21 se desplazan a lo largo de la superficie 14, 97 de la guías de cambio 13a, 13b en una dirección generalmente radial forzando la pata 2 radialmente hacia fuera desde, o hacia dentro, el eje longitudinal 11, cambiando con ello el ángulo del eje de bola 3 y el eje de rotación de la bola asociada 1.

15 Con referencia a las figuras 4 y 7, la rueda loca 18 de algunas realizaciones se encuentra en un canal formado entre los primeros lados y las partes de manguito de las guías de cambio 13a, 13b, y por tanto se mueve al unísono con las guías de cambio 13a, 13b. En algunas realizaciones, la rueda loca 18 es generalmente tubular y tiene un diámetro exterior y es sustancialmente cilíndrica a lo largo de la parte central de su diámetro interior con un cojinete de rueda loca de entrada y salida 17a, 17b, en cada extremo de su diámetro interior. En otras realizaciones, el diámetro exterior y los diámetros interiores de la rueda loca 18 pueden ser no uniformes y pueden variar o tener cualquier forma, tal como en rampa o curvada. La rueda loca 18 tiene dos lados, uno cerca del estator de entrada 20 80a, y otro cerca del estator de salida 80b.

25 Los cojinetes de rueda loca 17a, 17b proporcionan contacto de rodadura entre la rueda loca 18 y las guías de cambio 13a, 13b. Los cojinetes de rueda loca 17a, 17b están situados coaxialmente alrededor de la parte de manguito de las guías de cambio 13a, 13b, permitiendo a la rueda loca 18 girar libremente alrededor del eje de la transmisión 100. Un manguito 19 encaja alrededor del eje longitudinal 11 y en el interior de los diámetros interiores de las guías de cambio 13a, 13b. El manguito 19 es un componente generalmente tubular que se mantiene en contacto funcional con una superficie de aro de rodadura de cojinete interior de cada una de las guías de cambio 13a, 13b mediante un cojinete de manguito de entrada 172a y un cojinete de manguito de salida 172b. Los cojinetes de manguito 172a, 172b, proporcionan la rotación del manguito 19 rodando a lo largo de un aro de rodadura de cojinete exterior que se corresponde con los aros de rodadura de las guías de cambio 13a, 13b. La rueda loca 18, los cojinetes de rueda loca 17a, 17b, el manguito 19, las guías de cambio 13a, 13b, y los cojinetes de manguito 172a, 172b forman en combinación el conjunto de rueda loca 402 mostrado en la figura 4.

35 Con referencia a las figuras 4, 7 y 8, el manguito 19 de algunas realizaciones tiene su diámetro interior roscado para aceptar la inserción roscada de una varilla de rueda loca 171. La varilla de rueda loca 171 es una varilla generalmente cilíndrica que se encuentra a lo largo del eje longitudinal 11. En algunas realizaciones, la varilla de rueda loca 171 está roscada al menos parcialmente a lo largo de su longitud para permitir su inserción en el manguito 19. El primer extremo de la varilla de rueda loca 171, que está orientado hacia el lado de salida de la transmisión 100, está preferiblemente roscado a través del manguito 19 y se extiende hacia fuera sobrepasando el lado de salida del manguito 19 donde se inserta en el diámetro interior del disco de salida 101.

40 Como se ilustra en la figura 8, el disco de salida 101 en algunas realizaciones es en general un disco cónico de radios para reducir el peso y tiene una parte de manguito tubular que se extiende desde su diámetro interior axialmente hacia el lado de salida de la transmisión 100. El disco de salida 101 transfiere el par de salida a un árbol motor, una rueda o a otro dispositivo mecánico. El disco de salida 101 hace contacto con las bolas 1 por su lado de salida y gira a una velocidad diferente a la de la rotación de entrada de la transmisión con relaciones diferentes a 1:1. El disco de salida 101 sirve para guiar y centrar la varilla de rueda loca 171 en su primer extremo de manera que el manguito 19, la rueda loca 18, y las guías de cambio 13a, 13b permanezcan concéntricos con el eje de la transmisión 100. Alternativamente, un cojinete anular (no mostrado) puede ser colocado sobre la varilla de rueda loca 171, entre la varilla de rueda loca 171 y el diámetro interior del disco de salida 101, para minimizar la fricción. La varilla de rueda loca 171, el manguito 19, las guías de cambio 13a, 13b y la rueda loca 18 están conectados en funcionamiento, y todos se mueven axialmente al unísono cuando se cambia la transmisión 100.

50 Con referencia a la figura 2, un resorte cónico 133, situado entre la guía de cambio de entrada 13a y el estator 80a empuja el cambio de la transmisión 100 a baja. Con referencia a la figura 1, unos cojinetes de disco de salida 102, que hacen contacto con un aro de rodadura de cojinete cerca del perímetro del disco de salida 101, absorben y transfieren fuerza axial generada por la transmisión 100 a la envuelta 40. La envuelta 40 tiene un aro de rodadura de cojinete correspondiente para guiar los cojinetes de disco de salida 102.

Con referencia a las figuras 4, 5 y 7, los límites del movimiento axial de las guías de cambio 13a, 13b definen el intervalo de cambio de la transmisión 100. El movimiento axial está limitado por unas caras interiores 88a, 88b de los discos de estator 81a, 81b, con las que se ponen en contacto las guías de cambio 13a, 13b. En una relación de transmisión alta extrema, la guía de cambio 13a se pone en contacto con la cara interior 88a en el disco de estator de entrada 81a, y en una relación de transmisión baja extrema, la guía de cambio 13b se pone en contacto con la cara interior 88b en el disco de estator de salida 81b. En muchas realizaciones, la curvatura de las curvas convexas 97 de las guías de cambio 13a, 13b, es funcionalmente dependiente de la distancia desde el centro de una bola 1 hasta el centro de la rueda de guía 21, del radio de la rueda de guía 21, del ángulo entre las líneas formadas entre las dos ruedas de guía 21 y el centro de la bola 1, y del ángulo de inclinación del eje de la bola 1. A continuación se describe un ejemplo de dicha relación, con respecto a las figuras 25, 26 y 27.

Ahora con referencia a realizaciones ilustradas en las figuras 1, 5 y 7, una o más ruedas de estator 30 se pueden fijar a cada pata 2 con un pasador de rueda de estator 31 que se inserta a través de un orificio que hay en cada pata 2. Los pasadores de ruedas de estator 31 tienen un tamaño y un diseño adecuados para permitir que las ruedas de estator 30 giren libremente sobre cada pasador de rueda de estator 31. Las ruedas de estator 30 ruedan a lo largo de las superficies curvadas cóncavas 90. Las ruedas de estator 30 proporcionan soporte axial para evitar que las patas 2 se muevan axialmente y también para asegurar que los ejes de bolas 3 se inclinen fácilmente cuando se cambie la transmisión 100.

Con referencia a las figuras 1 y 7, un disco de entrada de radios 34, situado adyacente al estator 80a, encapsula parcialmente, aunque en general no hace contacto con, el estator 80a. El disco de entrada 34 puede tener dos o más radios o puede ser un disco sólido. Los radios reducen peso y ayudan en el montaje de la transmisión 100. En otras realizaciones, se puede utilizar un disco sólido. El disco de entrada 34 tiene dos lados, un primer lado que hace contacto con las bolas 1, y un segundo lado orientado en dirección opuesta al primer lado. El disco de entrada 34 es generalmente un disco anular que encaja coaxialmente sobre, y se extiende radialmente desde, un conjunto de roscas hembra o tuerca 37 en su diámetro interior. El diámetro exterior del disco de entrada 34 está diseñado para encajar dentro de la envuelta 40, si la envuelta 40 utilizada es del tipo que encapsula las bolas 1 y el disco de entrada 34 y se monta en una estructura de soporte rígida 116 tal como un chasis o bastidor con pernos convencionales, que se insertan a través de orificios de perno en una brida de la envuelta 40. Como ya se ha mencionado anteriormente, el disco de entrada 34 está en contacto giratorio con las bolas 1 a lo largo de una superficie de contacto en rampa o de cojinete circunferencial sobre un labio del primer lado del disco de entrada 34, estando el lado orientado hacia las bolas 1. Como también se ha mencionado anteriormente, algunas realizaciones del disco de entrada 34 tienen un conjunto de roscas hembra 37, o una tuerca 37, insertadas en su diámetro interior, y la tuerca 37 se enrosca en un tornillo 35, acoplando de este modo el disco de entrada 34 con el tornillo 35.

Con referencia a las figuras 1 y 4, el tornillo 35 se fija a, y gira mediante, un árbol motor 69. El árbol motor 69 es generalmente cilíndrico y tiene un orificio interior, un primer extremo orientado axialmente hacia el lado de salida, un segundo extremo orientado axialmente hacia el lado de entrada y un diámetro generalmente constante. Por el primer extremo, el árbol motor 69 está asegurado rigidamente a y es girado mediante el dispositivo de par de entrada, por lo general un engranaje, una rueda dentada, o un cigüeñal de un motor. El árbol motor 69 tiene acanaladuras axiales 109 que se extienden desde su segundo extremo para acoplarse a y hacer girar un conjunto correspondiente de acanaladuras formadas en el diámetro interior del tornillo 35. Un conjunto de rampas centrales de árbol motor 99, que en un primer lado es generalmente un conjunto de superficies inclinadas elevadas en un disco anular colocado coaxialmente sobre el árbol motor 69, tienen espigas de acoplamiento que se acoplan en las acanaladuras 109, son giradas por el árbol motor 69 y pueden moverse axialmente a lo largo del árbol motor 69. Un anillo de pasador 195 hace contacto con un segundo lado de las rampas centrales de árbol motor 99. El anillo de pasador 195 es un anillo rígido colocado coaxialmente sobre la varilla de rueda loca 171, se puede mover axialmente y tiene un orificio transversal que funciona para mantener un pasador de rueda loca 196 en alineación con la varilla de rueda loca 171. El pasador de rueda loca 196 es una varilla rígida alargada ligeramente más larga que el diámetro del anillo de pasador 195 y que se inserta a través de una muesca alargada 173 de la varilla de rueda loca 171 y se extiende ligeramente sobrepasando el anillo de pasador 195 tanto en su primer extremo como en su segundo extremo cuando se inserta en el orificio del anillo de pasador 195.

La muesca alargada 173 permite el movimiento axial de la varilla de rueda loca 171 a la derecha, cuando se ve como se ilustra en figura 1, sin hacer contacto con el pasador 196 cuando la transmisión 100 se cambia de 1:1 a alta. Sin embargo, cuando la transmisión 100 se cambia de 1:1 a baja, el lado del extremo de entrada de la acanaladura alargada 173 hace contacto con el pasador 196, que luego hace contacto funcional con las rampas centrales de árbol motor 99 a través del anillo de pasador 195. La varilla de rueda loca 171 se conecta así en funcionamiento a las rampas centrales de árbol motor 99 cuando la transmisión está entre 1:1 y baja de manera que cuando la varilla de rueda loca 171 mueve axialmente las rampas centrales de árbol motor 99 también se mueve axialmente en combinación con la varilla de rueda loca 171. Las superficies de rampa de las rampas centrales de árbol motor 99 pueden ser helicoidales, curvadas, lineales, o tener cualquier otra forma, y están en contacto

funcional con un conjunto de rampas centrales de disco de cojinete correspondientes 98. Las rampas centrales de disco de cojinete 98 tienen caras de rampa complementarias a y opuestas a las rampas centrales de árbol motor 99. En un primer lado, orientado hacia el lado de salida de la transmisión 100, las rampas centrales de disco de cojinete 98 están orientadas hacia las rampas centrales de árbol motor 99 y hacen contacto con y son accionadas por las rampas centrales de árbol motor 99.

Las rampas centrales de disco de cojinete 98 están fijadas rígidamente a un disco de cojinete 60, un disco generalmente anular colocado para girar coaxialmente alrededor del eje longitudinal 11. El disco de cojinete 60 tiene un aro de rodadura de cojinete cerca de su perímetro, en su lado orientado en dirección opuesta a las bolas 1 que hace contacto con un cojinete de disco de cojinete 66. El cojinete de disco de cojinete 66 es un cojinete de empuje anular en el perímetro del disco de cojinete 60 y está colocado entre el disco de cojinete 60 y la tapa de envuelta 67. El cojinete de disco de cojinete 66 proporciona soporte axial y radial al disco de cojinete 60 y a su vez es soportado por un aro de rodadura de cojinete en una tapa de envuelta 67, que actúa con la envuelta 40 para encapsular parcialmente las partes internas de la transmisión 100.

Con referencia a la figura 1, la tapa de envuelta 67 es generalmente un disco anular que se extiende desde el árbol motor 69 que tiene una parte tubular que se extiende hacia el extremo de salida desde o desde cerca de su perímetro y que también tiene un orificio que atraviesa su centro. La tapa de envuelta 67 absorbe fuerzas axiales y radiales producidas por la transmisión 100, y sella la transmisión 100, evitando de este modo que salga lubricante y que entre contaminación. La tapa de envuelta 67 es fija y, en algunas realizaciones, se fija rígidamente a la envuelta 40 usando métodos de fijación convencionales o puede tener roscas macho en su diámetro exterior, que coinciden con las correspondientes roscas hembra en el diámetro interior de la envuelta 40. Como ya se ha mencionado anteriormente, la tapa 67 tiene un aro de rodadura de cojinete que hace contacto con el cojinete de disco de cojinete 66 cerca del perímetro del disco de cojinete 60 que se encuentra en el interior del extremo de salida de la extensión tubular desde la tapa de envuelta 67. La tapa de envuelta 67 también tiene un segundo aro de rodadura de cojinete orientado hacia el lado de salida situado cerca del diámetro interior de su parte anular que coincide con un cojinete de árbol motor 104. El cojinete de árbol motor 104 es una combinación de cojinete de empuje y radial que proporciona soporte axial y radial al árbol motor 69. El árbol motor 69 tiene un aro de rodadura de cojinete formado en su diámetro exterior orientado hacia el lado de entrada que coincide con el cojinete de árbol motor 104, que transfiere la fuerza axial producida por el tornillo 35 a la tapa de envuelta 67. Un cojinete de entrada 105, ayuda a soportar el árbol motor 69. El cojinete de entrada 105 está colocado coaxialmente sobre el árbol motor 69 y coincide con un tercer aro de rodadura en el diámetro interior de la tapa de envuelta 67 orientada hacia el lado de entrada de la transmisión 100. Una tuerca cónica 106, una tuerca roscada generalmente cilíndrica con un aro de rodadura de cojinete diseñado para proporcionar una superficie de rodadura para el cojinete de entrada 105, está roscada en el árbol motor 69 y soporta el cojinete de entrada 105.

Con referencia a la realización ilustrada en la figura 1, un conjunto de múltiples rampas perimetrales 61, que generalmente forman un anillo alrededor del eje longitudinal 11, están unidas rígidamente al disco de cojinete 60. Las rampas perimetrales 61 son múltiples superficies inclinadas colocadas radialmente alrededor del eje longitudinal 11 y colocadas contra, o formadas sobre, el disco de cojinete 60 y orientadas hacia el lado de salida. Las superficies inclinadas pueden ser curvadas, helicoidales, lineales, o tener otra forma y cada una crea una cuña que produce una fuerza axial que se aplica a uno de los múltiples cojinetes de rampa 62. Los cojinetes de rampa 62 son esféricos aunque pueden ser cilíndricos, cónicos, o tener otra forma geométrica, y están alojados en una jaula de cojinete 63. La jaula de cojinete 63 de la realización ilustrada tiene generalmente forma de anillo con múltiples aberturas que contienen los cojinetes de rampa individuales 62. Un conjunto de rampas de disco de entrada 64 están unidas rígidamente a, o formadas como parte del disco de entrada 34. Las rampas de disco de entrada 64 en algunas realizaciones se complementan con las rampas perimetrales 62, con las rampas orientadas hacia el lado de entrada. En otra realización, las rampas de disco de entrada 64 tienen forma de aro de rodadura de cojinete que alinea y centra radialmente los cojinetes de rampa 62. Los cojinetes de rampa 62 responden a variaciones de par haciendo rodar hacia arriba o hacia abajo las caras inclinadas de las rampas perimetrales 61 y de las rampas de disco de entrada 64.

Con referencia ahora a las figuras 1 y 4, el generador de fuerza axial 160 está formado por varios componentes que crean una fuerza axial que se genera y se aplica al disco de entrada 34 para aumentar la fuerza de contacto normal entre el disco de entrada 34 y las bolas 1, que es un componente en la fricción que utiliza el disco de entrada 34 en la rotación de las bolas 1. La transmisión 100 produce suficiente fuerza axial, de modo que el disco de entrada 34, las bolas 1 y el disco de salida 101 no se deslizan, o se deslizan solo una cantidad aceptable, por sus puntos de contacto. A medida que aumenta la magnitud del par aplicado a la transmisión 100, se requiere una cantidad adecuada de fuerza axial adicional para evitar el deslizamiento. Por otra parte, se requiere más fuerza axial para evitar el deslizamiento en baja que en alta o en relación de velocidad de 1:1. Sin embargo, la provisión de demasiada fuerza en alta o en 1:1, acortará la vida útil de la transmisión 100, reducirá la eficiencia y/o requerirá componentes más grandes para absorber el aumento de las fuerzas axiales.

5 Idealmente, el generador de fuerza axial 160 variará la fuerza axial aplicada a las bolas 1 a medida que la transmisión 100 es cambiada y también a medida que varía el par. En algunas realizaciones, la transmisión 100 cumple estos dos objetivos. El tornillo 35 está diseñado y configurado para proporcionar una fuerza axial que es diferente y distinta de la producida por las rampas perimetrales 61. En algunas realizaciones, el tornillo 35 produce menos fuerza axial que las rampas perimetrales 61, aunque en otras versiones de la transmisión 100, el tornillo 35 está configurado para producir más fuerza que las rampas perimetrales 61. Al producirse un aumento en el par, el tornillo 35 gira un poco más en la tuerca 37 para aumentar la fuerza axial una cantidad proporcional al aumento del par.

10 Si la transmisión 100 se encuentra en una relación de 1:1 y el usuario o vehículo cambia a una velocidad más baja, la varilla de rueda loca 171 se mueve axialmente hacia el lado de entrada, junto con el manguito 19, los cojinetes de manguito 172, las guías de cambio 13a, 13b y la rueda loca 18. La varilla de rueda loca 171 hace contacto con las rampas centrales de árbol motor 99 a través del pasador 196 y el anillo de pasador 195, haciendo que las rampas centrales de árbol motor 99 se muevan axialmente hacia el lado de salida. Las superficies en rampa de las rampas centrales de árbol motor 99 hacen contacto con las superficies en rampa opuestas de las rampas centrales de disco de cojinete 98, haciendo que las rampas centrales de disco de cojinete 98 giren el disco de cojinete 60 y acoplen las rampas perimetrales 61 con los cojinetes de rampa 62 y las rampas de disco de entrada 64. Las rampas centrales de árbol motor 99 y las rampas centrales de disco de cojinete 98 realizan una función de división del par, cambiando una parte del par del tornillo 35 a las rampas perimetrales 61. Esto aumenta el porcentaje de par transmitido que se dirige a través de las rampas perimetrales 61, y debido al hecho de que las rampas perimetrales 61 son sensibles al par, como se ha descrito anteriormente, aumenta la cantidad de fuerza axial que se genera.

15 Aún con una referencia a las figuras 1 y 4, al cambiar a baja, la rueda loca 18 se mueve axialmente hacia el lado de salida, y es arrastrada hacia abajo por una reacción de fuerzas en la banda de contacto. Cuanto más lejos se mueva hacia abajo la rueda loca 18, con más fuerza será arrastrada. Este "arrastramiento de rueda loca," que aumenta cuando aumenta la fuerza normal a través del contacto, así como el ángulo de cambio, también se produce cuando cambia a alta. El arrastre de la rueda loca se produce debido a un conjunto de fuerzas transversales que actúan en la banda de contacto, cuyo efecto se llama rotación. La rotación se produce en las tres bandas de contacto, los puntos de contacto donde las bolas hacen contacto con el disco de entrada 34, el disco de salida 101 y la rueda loca 18. La magnitud de las fuerzas resultantes de la rotación en el contacto entre la rueda loca 18 y las bolas 1 es mínima en comparación con la de las bolas 1 y los discos de entrada y de salida 34, 101. Debido a la rotación mínima producida en la banda de contacto de la rueda loca 18 y la interfaz de la bola 1, esta banda de contacto no se tendrá en cuenta para la siguiente explicación. La rotación puede ser considerada como una pérdida de eficiencia en las bandas de contacto en el disco de entrada 34 y la bola 1 y también en el disco de salida 101 y la bola 1.

25 La rotación produce una fuerza transversal perpendicular a la dirección de rodadura de las bolas 1 y los discos 34, 101. En una relación de 1:1 las fuerzas transversales producidas por la rotación, o la rotación de contacto, en las bandas de contacto de entrada y de salida, son iguales y opuestas y son esencialmente canceladas. No existe tracción axial sobre la rueda loca 18 en esta condición. Sin embargo, a medida que la transmisión 100 es cambiada, por ejemplo, a baja, la banda de contacto en el disco de entrada 34 y la bola 1 se siguen moviendo alejándose del eje o polo de la bola 1. Esto disminuye la rotación, así como las fuerzas transversales que se producen perpendicularmente a la dirección de rodadura. Al mismo tiempo que el disco de salida 101 y la bola 1 hacen contacto, la banda se acerca al eje o polo de la bola 1, lo que aumenta la rotación y la fuerza transversal resultante. Esto crea una situación en la que las fuerzas transversales producidas por la rotación en los lados de entrada y de salida de la transmisión 100 no son iguales y debido a que la fuerza transversal sobre el contacto de salida es más grande, la banda de contacto entre el disco de salida 101 y la bola 1 se acerca al eje de la bola 1. Cuanto más cambia la transmisión 100 a baja, más fuertes llegan a ser las fuerzas transversales en los contactos que son ejercidas sobre la bola 1. Las fuerzas transversales producidas por la rotación en la bola 1 ejercen una fuerza en la dirección opuesta al cambiar a alta. Las patas 2 conectadas a los ejes de bolas 3 transfieren la tracción a las guías de cambio 13a, 13b, y debido a que las guías de cambio 13a, 13b están unidas en funcionamiento a la rueda loca 18 y al manguito 19, una fuerza axial es transferida a la varilla de rueda loca 171. A medida que aumenta la fuerza normal a través del contacto, la influencia de la rotación de contacto aumenta en todas las relaciones y disminuye la eficiencia.

35 Aún con referencia a las figuras 1 y 4, a medida que la transmisión 100 cambia a baja, la tracción transferida a la varilla de rueda loca 171 da lugar a una fuerza axial hacia la izquierda, según se ve en la figura 1, que hace que el par de entrada se desplace del tornillo 35 a las rampas perimetrales 61. A medida que la transmisión 100 cambia a extremadamente baja, la varilla de rueda loca 171 tira con más fuerza, provocando un movimiento relativo entre las rampas centrales de árbol motor 99 y las rampas centrales de disco de cojinete 98 y desplaza incluso más par a las rampas perimetrales 61. Esto reduce el par transmitido a través del tornillo 35 y aumenta el par transmitido a través de las rampas perimetrales 61, lo que da como resultado un aumento de fuerza axial.

Con referencia ahora a figuras 9 y 10, se describe una realización alternativa de la transmisión 100. Por razones de simplicidad, sólo se describirán las diferencias entre la transmisión 600 y la transmisión 100. La transmisión 600 es capaz de aumentar o disminuir la velocidad además de cambiar la velocidad. Con referencia a la figura 9, dos líneas de trazos verticales en la parte superior y la parte inferior de la transmisión 600 y colocadas en el centro de las bolas 1, indican velocidad rápida y velocidad lenta de la transmisión 600. Cuando se desea un aumento de velocidad a través de la transmisión 600, el árbol de baja velocidad 608 acepta la entrada de un motor, un dispositivo de alimentación manual, u otros medios de generación de par. En algunas realizaciones, el árbol de baja velocidad 608 es hueco y tiene una guía formada en su diámetro interior para dar cabida a un árbol coincidente insertado en su orificio. En otras realizaciones, el árbol de baja velocidad 608 puede ser sólido y formar parte integrante del dispositivo de generación de par. Aún en otras realizaciones, el árbol de baja velocidad 608 puede estar roscado, empernado, soldado, pegado, o unido con elementos de fijación convencionales tales como como tornillos a los medios de generación de par. El material del árbol de baja velocidad 608 puede ser acero, aluminio, titanio, plástico, o cualquier otro material adecuado para la aplicación prevista. El árbol de baja velocidad 608 gira alrededor de un eje longitudinal 12 y es soportado y colocado por el cojinete de entrada 105 y el cojinete de árbol de baja velocidad 604. En algunas realizaciones, el cojinete de árbol de baja velocidad 604 es un cojinete radial colocado coaxialmente en el diámetro interior del árbol de baja velocidad 608. En otras realizaciones, el cojinete de árbol de baja velocidad 604 es un cojinete de contacto angular.

Todavía con referencia a las figuras 9 y 10, el árbol de baja velocidad 608 está unido rígidamente al disco de cojinete 60. En algunas realizaciones, el disco de cojinete 60 se presiona sobre el diámetro exterior del árbol de baja velocidad 608 mediante un ajuste con apriete. En otras realizaciones, el disco de cojinete 60 puede enchavetarse, empernarse, sujetarse con adhesivo, soldarse o roscarse al árbol de baja velocidad 608. En algunas realizaciones, el cojinete de estator de baja velocidad 610 se utiliza para alinear el estator de entrada 80a en relación al árbol de baja velocidad 608. El cojinete de estator de baja velocidad 610 es preferiblemente un cojinete radial que encaja en un diámetro interior del árbol de baja velocidad 608 y también sobre una brida o en el orificio del estator de entrada 80a.

Todavía con referencia a las figuras 9 y 10, la potencia se transfiere desde el disco de cojinete 60 a las rampas perimetrales 61, a los cojinetes de rampa 62, al disco de entrada 34, a las bolas 1, a la rueda loca 18, y al árbol de transferencia 624. La rueda loca 18 está unida rígidamente al árbol de transferencia 624, que es un componente cilíndrico largo que gira alrededor del eje longitudinal 12. En algunas realizaciones, la rueda loca 18 se fija mediante un ajuste con apriete, mientras que en otras realizaciones puede enchavetarse, empernarse, sujetarse con adhesivo, soldarse o roscarse al árbol de transferencia 624. Aún en otras realizaciones, la rueda loca 18 y el árbol de transferencia 624 se combinan en una parte. El árbol de transferencia 624 se inserta por un primer extremo del lado de baja velocidad de la transmisión 600 en el orificio del cojinete de árbol de baja velocidad 604 de modo que el árbol de transferencia 624 es capaz de deslizarse axialmente. En algunas realizaciones, el cojinete de árbol de baja velocidad 604 se elimina y el árbol de transferencia 624 se acorta, terminando en el lado de baja velocidad de la rueda loca 18. El árbol de transferencia 624 en algunas realizaciones se hace del mismo material que la rueda loca 18 y en otras realizaciones se puede hacer de un acero duro, tal como ejemplo 4130, que está parcialmente tratado con calor. En aplicaciones de par bajo, el árbol de transferencia 624 puede estar hecho de aluminio, titanio, plástico, o cualquier otro material adecuado. El árbol de transferencia 624 es además soportado y colocado por un cojinete de árbol de alta velocidad 605, que en algunas realizaciones es un cojinete radial insertado en el orificio del estator de salida 80b, y sobre el diámetro exterior del árbol de transferencia 624, permitiendo que el árbol de transferencia 624 se mueva axialmente. En un segundo extremo del lado de alta velocidad de la transmisión 600 el árbol de transferencia se ha formado íntegramente en su superficie en una o más ranuras de transferencia 634.

Con referencia a las figuras 11 y 12, es algunas realizaciones cuatro ranuras de transferencia 634 están formadas en el árbol de transferencia 624, aunque en otras realizaciones pueden utilizarse 1, 2, 3, 5, 6, o más ranuras de transferencia 634. Cada ranura de transferencia 634 es una muesca que se extiende en una dirección paralela al eje longitudinal 12 y que tiene un perfil de radio cóncavo. Uno o más cojinetes de transferencia 628 están ajustados en cada ranura de transferencia 634. Los cojinetes de transferencia 628 son típicamente esferas de acero endurecido comunes en el estado de la técnica, y el tamaño y número de cojinetes de transferencia 628 se pueden ajustar para adaptarse a requisitos de potencia de la aplicación. Normalmente, las ranuras de transferencia 634 van a tener un radio ligeramente mayor que los radios de los cojinetes de transferencia 628.

Todavía con referencia a las figuras 11 y 12, un árbol de alta velocidad 602 hace contacto con y es girado mediante los cojinetes de transferencia 628. Unas ranuras de árbol correspondientes 636, idénticas a las ranuras de transferencia 634 excepto que están formadas en el diámetro interior del árbol de alta velocidad 602 en lugar de en el diámetro exterior del árbol de transferencia 624, están colocadas de manera que los cojinetes de transferencia 628 encajan en y hacen contacto con las ranuras de transferencia 634 y las ranuras de árbol 636. La potencia se distribuye entre los cojinetes de transferencia 628 y se transfiere desde el árbol de transferencia 624 al árbol de alta velocidad 602. El árbol de alta velocidad 602 es un componente con forma generalmente cilíndrica que gira

alrededor del eje longitudinal 12. El diámetro interior del árbol de alta velocidad 602 es ligeramente mayor que el diámetro exterior del árbol de transferencia 624. El árbol de alta velocidad 602 puede fijarse a un árbol motor, un generador, una rueda dentada, una polea, un engranaje, una rueda, o a cualquier otro dispositivo de rotación. Las ranuras de transferencia 634 y las ranuras de árbol 636 son más largas que el espacio axial ocupado por los cojinetes de transferencia 628 de manera que los cojinetes de transferencia 628 pueden rodar axialmente cuando la transmisión 600 se cambia. Para algunas realizaciones, los cojinetes de transferencia 628 van a rodar la mitad de la distancia a la que se mueven axialmente la rueda loca 18 y el árbol de transferencia 624 cuando la transmisión 600 se cambia y por esta razón las longitudes de las ranuras de transferencia 634 y de las ranuras de árbol 636 se pueden calcular con la siguiente ecuación:

$$x/2 + d*y = \text{longitud de la ranura de transferencia 634 y de la ranura de árbol 636}$$

donde x = distancia axial total a la que la rueda loca 18 se puede desplazar, d = diámetro del cojinete de transferencia 628, e y = al número de cojinetes de transferencia 628 en cada ranura de transferencia 634.

En algunas realizaciones, las longitudes de cada ranura de transferencia 634 y de cada ranura de árbol 636 se incrementan levemente para proporcionar un margen de error para que los cojinetes de transferencia 628 no se salgan del espacio cuando estén rodando axialmente.

Con referencia a las figuras 10, 11, 12, 16 y 17, se describe el cambio de la transmisión 600. El estator de salida 80b comprende un tubo de estator 658 que se extiende a través de la pared de la envuelta 40 (visto en la figura 10). Fuera de la envuelta 40, el tubo de estator 658 encaja en el orificio de la abrazadera 630. La abrazadera 630 es un componente generalmente cilíndrico con una brida en un primer extremo, y en algunas realizaciones está hecha de acero. En otras realizaciones, la abrazadera 630 puede estar hecha de aluminio, titanio, plástico, un material compuesto, o cualquier otro material adecuado. Unos orificios colocados circunferencialmente alrededor de la brida proporcionan la fijación de la abrazadera 630 a una estructura fija resistente (no mostrada), tal como un bastidor o la envuelta de un generador. Unos elementos de fijación, tales como como pernos o tornillos de máquina se insertan a través de los orificios de brida en la abrazadera 630, y luego a través de orificios correspondientes de la estructura fija para asegurar rígidamente la abrazadera 630.

En un segundo extremo de la abrazadera 630, unos orificios adicionales que se extienden radialmente a través de la parte cilíndrica de la abrazadera 630 se alinean con los orificios de estator 654 en el tubo de estator 658. El estator de salida 80b encaja dentro del orificio 630 de la abrazadera con una pequeña holgura aunque en algunas realizaciones la abrazadera 630 encaja dentro del orificio del estator de salida 80b. Los soportes de palanca 640a y 640b son elementos en forma de L rígidos que incorporan una curva en un primer extremo y fijan y proporcionan un pivote para las palancas 622a y 622b. Se utilizan dos soportes de palanca 640a, 640b, aunque se pueden utilizar 1, 3, 4, o más. Los soportes de palanca 640a, 640b, en un primer extremo, el extremo con la curva, tienen orificios que se alinean con los orificios de la abrazadera 630. Los elementos de fijación de abrazadera 632, que pueden ser elementos de fijación estándar, tales como como tornillos o pernos de máquina, se utilizan para asegurar los soportes de palanca 640a, 640b a la abrazadera 630 y al estator de salida 80b. En algunas realizaciones, los orificios de los soportes de palanca 640a, 640b y de la abrazadera 630 son orificios de paso, y los orificios de estator 654 son roscados. En un segundo extremo del soporte de palanca 640, se proporciona un único orificio para permitir la fijación de una palanca 622 al soporte de palanca 640. Un orificio correspondiente en la palanca 622 facilita el montaje de un pasador de palanca 642 a través de la palanca 622 en el soporte de palanca 640. Preferiblemente, se proporciona una pequeña holgura entre el pasador de palanca 642 y el orificio de la palanca 622 de manera que la palanca 622 pueda girar libremente alrededor del pivote creado por el pasador de palanca 642.

En algunas realizaciones, se proporciona un segundo orificio, que se encuentra cerca de un primer extremo de la palanca en forma de barra plana generalmente alargada 622, para que un pasador de accionador 644 pueda ser insertado a través del segundo orificio en un accionador 638. Tanto el pasador de palanca 642 como el pasador de accionador 644 se pueden asegurar con roscas, mediante un ajuste con apriete, u otros métodos adecuados. Un accionador 638, un componente en forma de barra, recto y generalmente plano, se une al pasador de accionador 644 cerca de un primer extremo. Cerca de un segundo extremo, el accionador 638 se puede unir a un dispositivo (no mostrado) que controla el cambio, tal como un servo motor, cable, o accionador. Al moverse axialmente el accionador 638, la palanca 622 pivota alrededor del pasador de palanca 642. La ventaja mecánica de la palanca se puede controlar mediante el ajuste de la distancia entre el pasador de palanca 642 y el pasador de accionador 644.

Con referencia a las figuras 9, 11, 16 y 17, en algunas realizaciones la palanca 622 cerca de un segundo extremo tiene forma de horquilla con una muesca formada en su segundo extremo. La muesca rodea y hace contacto con un anillo de cambio 620, que en algunas realizaciones es un anillo anular con un perfil radial en su diámetro exterior y lineal en su diámetro interior. La ventaja mecánica de la palanca 622 se puede ajustar cambiando la distancia entre el anillo de cambio 620 y el pasador de palanca 642. El anillo de cambio 620 en algunas realizaciones está hecho de

5 acero endurecido para resistir el desgaste, aunque en otras realizaciones se pueden usar diferentes materiales resistentes al desgaste tales como plástico. El diámetro interior del anillo de cambio 620 es ligeramente mayor que el diámetro exterior del estator de salida 80b, para permitir el deslizamiento axial del anillo de cambio 620 sobre el tubo de estator 658. Unos orificios de anillo 660 están formados en el anillo de cambio 620 para permitir la inserción de pasadores de cambio 616a, 616b en el anillo de cambio 620. En algunas realizaciones, los pasadores de cambio 616a, 616b son pasadores de espiga endurecidos que se aprietan mediante un ajuste con apriete dentro de los orificios de anillo 660. Los pasadores de cambio 616a, 616b también pueden asegurarse con adhesivo o utilizando otros métodos comunes en el estado de la técnica. Los pasadores de cambio 616a, 616b se insertan en el anillo de cambio 620 después de que el anillo de cambio 620 se haya montado sobre el tubo de estator 658 y colocado de modo que los orificios de anillo 660 se alineen con las ranuras de estator 656.

15 En algunas realizaciones, hay dos muescas de estator 656 aunque se pueden utilizar 1, 3, 4, o más. Las muescas de estator 656 son muescas alargadas formadas en paralelo al eje longitudinal 12 y proporcionan suficiente espacio para que los pasadores de cambio 616a, 616b puedan deslizarse libremente en una dirección axial dentro de la muesca de estator 656. Los pasadores de cambio 616a, 616b se extienden a través de las muescas de estator 656 dentro del tubo de estator 658. Los cojinetes de cambio 614a, 614b están situados en cada lado de y en contacto con los pasadores de cambio 616a, 616b, en un primer lado. Los cojinetes de cambio 614a y 614b pueden ser cojinetes anulares capaces de absorber cargas de empuje y son coaxiales con el eje longitudinal 12. En un segundo lado, el cojinete de cambio 614a hace contacto con la brida de árbol 609 en el árbol de transferencia 624. La brida de árbol 609 es un saliente en forma de disco en el árbol de transferencia 624 y en algunas realizaciones forma parte integral del árbol de transferencia 624. En un segundo lado, el cojinete de cambio 614b hace contacto con el fiador de cambio 618, un anillo anular que en algunas realizaciones se enrosca en el árbol de transferencia 624 hasta que hace contacto con el cojinete de cambio 614b. El fiador de cambio 618 se puede mantener en su sitio con adhesivo, o las roscas pueden terminar un poco antes de que el fiador de cambio 618 haga contacto con el cojinete de cambio, 614b, y el fiador de cambio 618 se puede apretar contra el cojinete de cambio 614b. En otras realizaciones, el fiador de cambio 618 se presiona sobre el árbol de transferencia 624 mediante un ajuste con apriete hasta que haga contacto con el cojinete de cambio 614a. Cuando los accionadores 638a, 638b se mueven axialmente hacia el árbol de alta velocidad 630, el árbol de transferencia 624 y la rueda loca 18 se mueven axialmente hacia el árbol de baja velocidad 608, cambiando la transmisión a una velocidad más alta. Cuando los accionadores 638a, 638b se mueven axialmente hacia el árbol de baja velocidad 608, el árbol de transferencia 624 y la rueda loca 18 se mueven axialmente hacia el árbol de alta velocidad 630, cambiando la transmisión a una velocidad más baja.

35 Con referencia ahora a las figuras 9 y 10, el disco de salida 101 de la transmisión 600 está unido rígidamente a, y gira con, la envuelta 40. En algunas realizaciones, el disco de salida 101 se puede formar como parte de la envuelta 40. Cuando las bolas 1 están colocadas de manera que sus ejes son paralelos al eje longitudinal 12, el envuelta 40 gira a la misma velocidad que el disco de entrada 34. En esta relación, no hay movimiento relativo entre la envuelta 40 y el disco de entrada 34, y el cojinete de disco de cojinete 66 no gira. En esta relación, la eficiencia de la transmisión 600 se maximiza y se recomienda que en la mayoría de las aplicaciones, la transmisión 600 sea diseñada de manera que la envuelta 40 y el disco de entrada 34 giren a la misma velocidad en la relación de velocidad que se utiliza con más frecuencia.

40 Con referencia a la figura 13, se muestran la rueda loca 18 y las guías de cambio 13a, 13b. Debido al hecho de que el árbol de transferencia 624 gira, se prefiere que haya holgura entre el orificio de las guías de cambio 13a, 13b, y el árbol de transferencia 624 para que los componentes no se rocen unos con otros. En algunas realizaciones, un aro de rodadura de cojinete está formado en las guías de cambio 13a, 13b y la rueda loca 18, para alojar los cojinetes de rueda loca 17a, 17b. En otras realizaciones, pueden utilizarse cojinetes estándar y no es necesario formar un aro de rodadura de cojinete en las guías de cambio 13a, 13b y la rueda loca 18.

50 Con referencia a la figura 18, una transmisión alternativa 1800 está diseñada para reducir la velocidad, así como para variar la velocidad. A diferencia de la transmisión 600, en la transmisión 1800, la entrada y la salida cambian, de lo contrario las transmisiones 600 y 1800 serían similares. En una transmisión 1800 diseñada para reducir la velocidad, el árbol de alta velocidad 602 se une a medios de par de entrada, tales como un motor eléctrico, un motor de combustión interna, una máquina de alimentación manual, etc. La potencia sigue la dirección opuesta de la transmisión 600 y sale a través el árbol de baja velocidad 608. El disco de entrada 34 de la transmisión 600 ya no es un disco de entrada 34 y se convierte en el disco de baja velocidad 1834 de la transmisión 1800, aunque es de otro modo parecido al disco de entrada 34.

55 Con referencia a las figuras 14 y 15, se explican las relaciones de velocidad de una transmisión multiplicadora de velocidad 600. Cerca de la parte superior de la figura 14, se muestra un ángulo alfa de 45 grados. Alfa es el ángulo en grados en el que el disco de entrada 34 y el disco de salida 101 hacen contacto con las bolas 1 desde sus cuadrados cuando los ejes de bolas 3 son paralelos al eje longitudinal 12. Cerca del centro de la derecha de figura

14, se muestra un ángulo γ de 22 grados. γ es el ángulo en grados en el que los ejes de bolas 3 están inclinados con respecto al eje longitudinal 12, para producir una velocidad y un par variables. El aro de rodadura de rueda loca 650 muestra el diámetro del círculo en la bola 1 donde la rueda loca 18 y la bola 1 hacen contacto. Se puede observar en la figura 14 que con un γ positivo de 22 grados, el aro de rodadura de rueda loca 650 es más grande que el aro de rodadura de disco de entrada 652. Un aro de rodadura se refiere generalmente a una vía de contacto por fricción. En la figura 15 se puede observar que con un γ negativo de 22 grados, el aro de rodadura de rueda loca 650 y el aro de rodadura de disco de entrada 652 son casi iguales, y cuando el γ negativo es un medio alfa, el aro de rodadura de rueda loca 650 y el aro de rodadura de disco de entrada 652 son iguales. Cuando γ negativo es igual a un medio alfa, el aumento de velocidad a través de la transmisión 600 es igual al radio del disco de entrada 34 dividido por el radio de la rueda loca 18. Para una transmisión de disminución de velocidad 1800, las relaciones mostradas en las figuras 14 y 15 son las mismas que para la transmisión 600, aunque la dirección de la potencia es opuesta.

Con referencia ahora a las figuras 19 y 20, las relaciones entre la transmisión 100, la transmisión 600 y la transmisión 1800 se muestran en dos gráficos. En estos gráficos, la fila superior proporciona variables a partir de las que se pueden calcular las relaciones y conexiones de la velocidad. La primera variable es alfa, y mediante la comparación de la figura 19 con la figura 20, se puede observar que el cambio de alfa de 50 a 35 grados produce cambios significativos en las transmisiones 100, 600, y 1800. La fila inmediatamente debajo de la fila superior proporciona los nombres de las variables calculadas en cada columna. Por ejemplo, la primera celda de la segunda fila es γ , y la columna por debajo de γ enumera diversos valores para γ . La segunda celda de la segunda fila es el radio de bola @ entrada, que es igual a la mitad del aro de rodadura de disco de entrada 652. La tercera celda es el radio de bola @ salida, y la columna por debajo de esta celda proporciona este radio en diferentes valores para γ . La cuarta celda es el radio de bola @ rueda loca, que es igual a la mitad del aro de rodadura de rueda loca 650. La quinta celda es la relación de multiplicador de velocidad, que es la relación producida por la transmisión 600. La sexta celda, el intervalo de relación, proporciona la relación general para varios valores de γ . La séptima celda, aumento de velocidad media, proporciona el aumento de velocidad media en diferentes valores γ . La octava celda se denomina relación de velocidad de modo normal que proporciona las relaciones para la transmisión 100. La novena celda, relación de desmultiplicador de velocidad, proporciona las relaciones de velocidad para la transmisión 1800. La décima celda, intervalo de relación, proporciona el intervalo de relación general para la transmisión 1800. La undécima celda, disminución de velocidad media, proporciona la disminución de la velocidad media para la transmisión 1800.

Se puede observar que en la columna de la relación de multiplicador de velocidad, que es la relación producida por la transmisión 600, la velocidad no cambia linealmente con los cambios de γ . Por ejemplo, en la figura 19, el cambio de velocidad de un γ de entre -24 a -25 es de 0,03, mientras que el cambio de velocidad de 24 a 25 es de 0,38, una tasa de cambio superior a 12 veces mayor de 0,03. Esto produce una situación en la que se requieren cambios más grandes en γ negativo para lograr el mismo cambio de velocidad y de relación de par como γ positivo. Debido al hecho de que la velocidad de salida es más baja en γ s con valores negativos que en γ s positivos, el par de salida es superior en γ s con valores negativos. Por lo tanto, con pares de salida superiores, las bolas 1 y la rueda loca 18 se mueven más que con pares de salida inferiores para cambios de relación equivalentes, lo que aumenta el desgaste en superficies más grandes de las bolas 1 y la rueda loca 18.

Con referencia a las figuras 10 y 18, se explican las relaciones de par y velocidad a través de las transmisiones 600 y 1800. En la transmisión 600, el par entra a través del árbol de baja velocidad 608, continuando a través del disco de cojinete 60, las rampas perimetrales 61 y los cojinetes de rampa 62, antes de llegar al disco de entrada 34. Un aro de rodadura de cojinete anular se forma en el disco de entrada 34, lo que ayuda a colocar los cojinetes de rampa 62. Los cojinetes de rampa 62 también desempeñan la función adicional de centrar el disco de entrada 34. Debido al hecho de que la velocidad de la transmisión 600 es siempre más alta en el árbol de alta velocidad 602 que en el árbol de baja velocidad 608, independientemente de γ , el par es siempre más bajo en el árbol de alta velocidad 602 que en el árbol de baja velocidad 608. Por tanto, el par máximo se produce en la velocidad baja, o lado de entrada de la transmisión 600, y la fuerza axial óptima para evitar el deslizamiento se determina mediante el par más alto producido en la transmisión 600. Las rampas perimetrales sensibles al par 61 se colocan así en la zona óptima de la transmisión 600 para producir la fuerza axial óptima en todas las relaciones, que es entre el árbol de baja velocidad 608 y las bolas 1. Este método sencillo para optimizar la fuerza axial en todas las relaciones y en todos los pares maximiza la eficiencia de la transmisión 600.

En la transmisión 1800, el par entra en el árbol de alta velocidad 602, recorre una vía a través de los cojinetes de transferencia 628, el árbol de transferencia 624, la rueda loca 18, las bolas 1, el disco de baja velocidad 1834, los cojinetes de rampa 62, las rampas perimetrales 61 y el disco de cojinete 60, antes de llegar al árbol de baja velocidad 608. Debido al hecho de que en la transmisión 1800 la velocidad es siempre más baja en el árbol de baja velocidad 608 que en el árbol de alta velocidad 602, independientemente de γ , el par es siempre mayor en el lado de salida de la transmisión 1800, entre las bolas 1 y el árbol de baja velocidad 608. Por lo tanto, las rampas

perimetrales 62 se encuentran situadas de manera ideal en el lado de salida de la transmisión 1800 para optimizar la fuerza axial en todas las relaciones. Esta configuración sencilla maximiza la eficiencia de la transmisión 1800 en todas las relaciones y en todos los pares.

5 Con referencia a la figura 21, se muestra una realización de la transmisión 600 aplicada en una turbina eólica 670. Típicamente, en las turbinas eólicas, el rotor 688 gira a una velocidad más lenta que el generador 682. El rotor está fijado en un árbol de caja multiplicadora 676 que hace girar una caja multiplicadora de velocidad 690. En algunas turbinas eólicas, los aumentos de velocidad superiores a 50 veces reducen las diferencias entre la velocidad del rotor y la velocidad requerida del generador 682. Por ejemplo, el rotor de turbina eólica 688 puede girar a 20 rpm mientras que el generador requiere una velocidad de 1.200 rpm. Para esta configuración, la caja multiplicadora 690 puede estar adaptada para aumentar la velocidad 60 veces. La caja multiplicadora 690 suele aumentar la velocidad en tres etapas, aumentando la velocidad en cada etapa una proporción fija, por lo general entre 3,5 y 6 veces. Hay variaciones de este intervalo dependiendo del tamaño de la turbina eólica y de la elección del generador 682. Ya que por lo general, la caja multiplicadora 690 es cara, pesada, y propensa a la rotura, es deseable minimizar el tamaño, el peso, el costo, y el número de etapas en la caja multiplicadora 690. Además, cada etapa de la caja multiplicadora 690 reduce la eficiencia, generalmente entre 2 y 3%.

20 Aún con una referencia a la figura 21, en algunas aplicaciones es deseable capturar ráfagas de viento que producen picos de par; sin embargo, estos picos pueden someter a esfuerzo y finalmente dañar el tren motriz de la turbina eólica 670. Por lo general, una turbina eólica 670 responderá a ráfagas de viento inclinando las palas del rotor 688 y dispersando el viento; sin embargo, esto no se puede hacer de forma instantánea. Una transmisión de velocidad variable 600 que se puede cambiar rápidamente en respuesta a una ráfaga permitiría que el rotor 688 aumentase la velocidad, capturando la ráfaga y minimizando, o eliminando por completo, el daño causado por los picos de par. Además, la transmisión 600 tiene características de absorción de picos de par, que incluyen las rampas perimetrales 61. Los cojinetes de rampa 62 rodarán hasta las rampas perimetrales 61 en respuesta a un aumento de par, ayudando a absorber los picos de par.

25 Aún con una referencia a la figura 21, es conveniente variar la velocidad del rotor 688 a medida que cambian las velocidades del viento. Esto permite que el rotor 688 gire en condiciones aerodinámicas óptimas, maximizando la energía que se puede extraer de la turbina eólica 670. Generalmente, una turbina eólica de velocidad variable 670 va a producir un 10% más de energía que una turbina eólica de velocidad fija. Sin embargo, el generador 682 requiere una velocidad casi constante. Actualmente, se utiliza la electrónica de potencia para crear velocidad variable en una turbina eólica.

Las realizaciones de la transmisión 600 se pueden cambiar con el fin de capturar ráfagas y minimizar picos de par perjudiciales, pueden aumentar la velocidad y reemplazar al menos una etapa de la caja multiplicadora 690, y pueden variar la velocidad a medida que cambian las velocidades del viento, manteniendo así una velocidad constante en el generador 682.

35 Aún con una referencia a la figura 21, se describe un tren motriz para una turbina eólica 670 que aplica la transmisión 600. La caja multiplicadora 690 se une rígidamente a la góndola 680 con el soporte de caja multiplicadora 678, una estructura rígida y sólida diseñada para absorber los pares muy grandes que produce el tren motriz de una turbina eólica 670. La góndola 680 es una envuelta fija grande, que aloja y protege de la intemperie la caja multiplicadora 690, la transmisión 600, el generador 682 y otros componentes de la turbina eólica. En el lado de salida de la caja multiplicadora 690, un árbol está conectado al árbol de baja velocidad 608 de la transmisión 600. La velocidad aumenta y varía a través de la transmisión 600, que se encuentra situada dentro de la góndola 680, y entre la caja multiplicadora 690 y el generador 682. Dependiendo de la velocidad del viento y por tanto de la velocidad del rotor 688, la transmisión 600 aumenta o disminuye la velocidad en el generador 682. Si la velocidad del rotor 688 es alta debido a fuertes vientos, la transmisión 600 cambia a una velocidad más baja. Si la velocidad del rotor 688 es lenta debido a bajas velocidades del viento, la transmisión 600 cambia a una velocidad más alta.

50 Con referencia ahora a la figura 22, se muestra un perfil de la superficie texturada 701, las bolas 1, el disco de entrada 34, el disco de baja velocidad 1834, el disco de salida 101 y la rueda loca 18 para las transmisiones 100, 600, y 1800. La superficie texturada 701 en algunas realizaciones tiene una forma que resiste el desgaste y, preferentemente, no tiene ninguna esquina afilada o características propensas a rotura o deformación. En algunas realizaciones, la superficie texturada 701 produce cúpulas microscópicas de entre 1 y 10 micras en las superficies de los componentes anteriores, dependiendo de la velocidad, tamaño, y relación de par de las transmisiones 100, 600, 1800. La superficie texturada 701 se puede formar en las bolas 1, el disco de entrada 34, el disco de baja velocidad 1834, el disco de salida 101 y la rueda loca 18 mediante volteo, granallado, chorro de arena, grabado por láser o cualquier otro método adecuado. Si los componentes están hechos de plástico moldeado, además de las técnicas anteriores, las superficies o cavidades de los moldes se pueden variar para producir la superficie texturada 701. La superficie texturada 701 aumenta la fricción entre las superficies de las bolas 1 y del disco de entrada 34, del disco

de baja velocidad 1834, del disco de salida 101 y de la rueda loca 18. Esto reduce la cantidad de fuerza axial, o fuerza de sujeción requerida para transferir el par sin deslizamiento de estos componentes en las transmisiones 100, 600, 1800. La superficie texturada 701 aumenta significativamente la superficie de las bolas 1, del disco de entrada 34, del disco de baja velocidad 1834, del disco de salida 101 y de la rueda loca 18, favoreciendo la disipación de calor.

5

Aún con una referencia a la figura 22, en algunas realizaciones, un revestimiento duro resistente al desgaste 702 se aplica a las superficies de las bolas 1, del disco de entrada 34, del disco de baja velocidad 1834, del disco de salida 101 y de la rueda loca 18. El revestimiento 702 en algunas realizaciones es duro, resistente al desgaste, elástico, de alto grado de fricción, y se adhiere bien al acero, por ejemplo nitruro de silicio. Un revestimiento de nitruro de silicio 702 puede tener un espesor de entre 0,5 y 5 micras, dependiendo del tamaño, la velocidad y la relación de par de las transmisiones 100, 600, y 1800. Dos métodos adecuados para aplicar un revestimiento de nitruro de silicio al acero son deposición de vapor de plasma y deposición química de vapor. Las altas temperaturas requeridas para algunos procesos de deposición de vapor químico hacen que sean inadecuados para algunos aceros endurecidos tal como 52100 y algunos otros aceros de cojinete debido a que estos aceros pierden su temple durante los procesos de revestimiento. En las aplicaciones de las transmisiones 100, 600, 1800 donde se requiere la unión excelente producida partir de la deposición química de vapor, puede ser requerido el uso de acero de herramientas para las bolas 1, el disco de entrada 34, el disco de baja velocidad 1834, el disco de salida 101 y la rueda loca 18. La superficie aumentada producida por la superficie texturada 701 aumenta la cantidad de revestimiento 702 que se puede aplicar a las superficies. La irregularidad producida por la superficie texturada 701 aumenta la resistencia de la unión mecánica entre la superficie de la superficie texturada 701 y el revestimiento 702.

10

15

20

Las realizaciones descritas en este documento son ejemplos que se proporcionan para cumplir con los requisitos descriptivos de la ley y para ilustrar diversas formas de poner en práctica los mecanismos, métodos de uso, métodos de fabricación, etc, de la presente invención. Las realizaciones descritas aquí explican y facilitan la comprensión total y la habilitación de todo lo que se describe aquí. La descripción de estos ejemplos no pretende ser limitante de ninguna manera.

25

REIVINDICACIONES

1. Turbina eólica (670) que tiene un rotor de turbina eólica (688) acoplado a un primer árbol (608), teniendo la turbina eólica una caja multiplicadora de velocidad (690) acoplada al primer árbol y a un segundo árbol (624), caracterizada la turbina eólica por que:
- 5 una transmisión continuamente variable CVT (600) está acoplada al segundo árbol y a un tercer árbol (302), un generador (682) está acoplado al tercer árbol, y en el que la CVT comprende un disco de entrada (34) acoplado en funcionamiento al segundo árbol, una pluralidad de bolas (1) accionadas por el disco de entrada y una rueda loca (18) configurada para ser accionada por la pluralidad de las bolas, en el que la rueda loca está acoplada en funcionamiento al tercer árbol; y en el que la potencia se transmite desde las bolas al tercer árbol a través de la
- 10 rueda loca.
2. Turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada además por que una góndola (680) aloja la caja multiplicadora, la CVT y el generador.
3. Turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada además por que un disco de cojinete (60) está acoplado en funcionamiento entre el segundo árbol y el disco de entrada.
- 15 4. Turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada además por que un disco (101) está en contacto con la pluralidad de bolas, en el que la pluralidad de bolas están situadas entre el disco de entrada y el disco, en el que un punto de contacto previsto entre el disco de entrada y la pluralidad de bolas está situado radialmente hacia fuera con respecto a un diámetro de la rueda loca, y el segundo árbol está acoplado en funcionamiento al disco de entrada.
- 20 5. Turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada además por que el tercer árbol comprende una primera pluralidad de ranuras de transferencia (634).
6. Turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 5, caracterizada además por que las ranuras de transferencia comprenden ranuras de bola de una acanaladura de bola.
- 25 7. Turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizada además por que el tercer árbol comprende una brida de cambio de velocidad (609).
8. Turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 4, caracterizada además por una pluralidad de rampas perimetrales (98) acopladas entre el disco de cojinete y el disco de entrada.
9. Turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 8, caracterizada además por una jaula (89) adaptada para mantener una posición radial y una alineación axial de las bolas.
- 30 10. Turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 9, en la que la jaula se caracteriza además por unos discos de soporte planos primero y segundo (81a, b).
11. Turbina eólica de acuerdo con la reivindicación 10, caracterizada además por un estator de salida (80b) que comprende un tubo de estator (658).

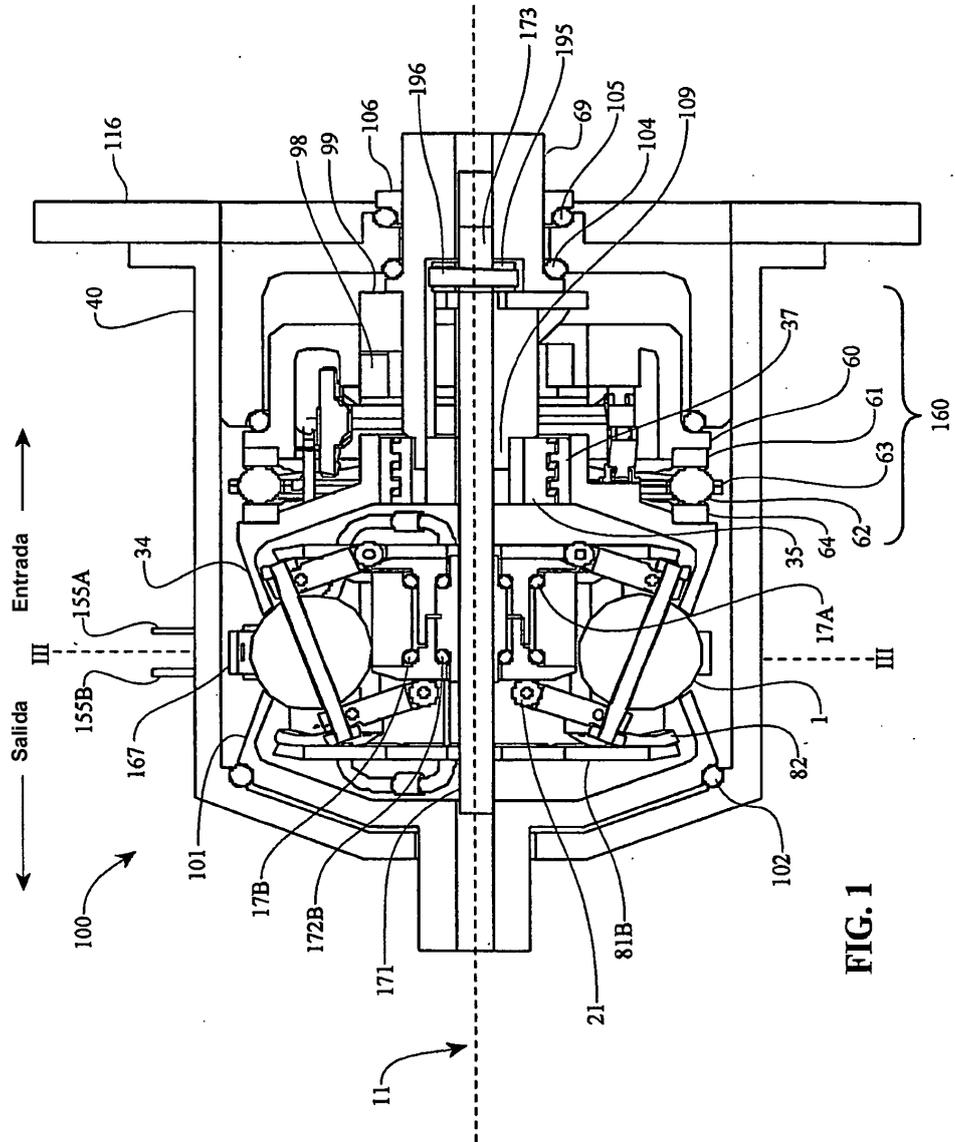
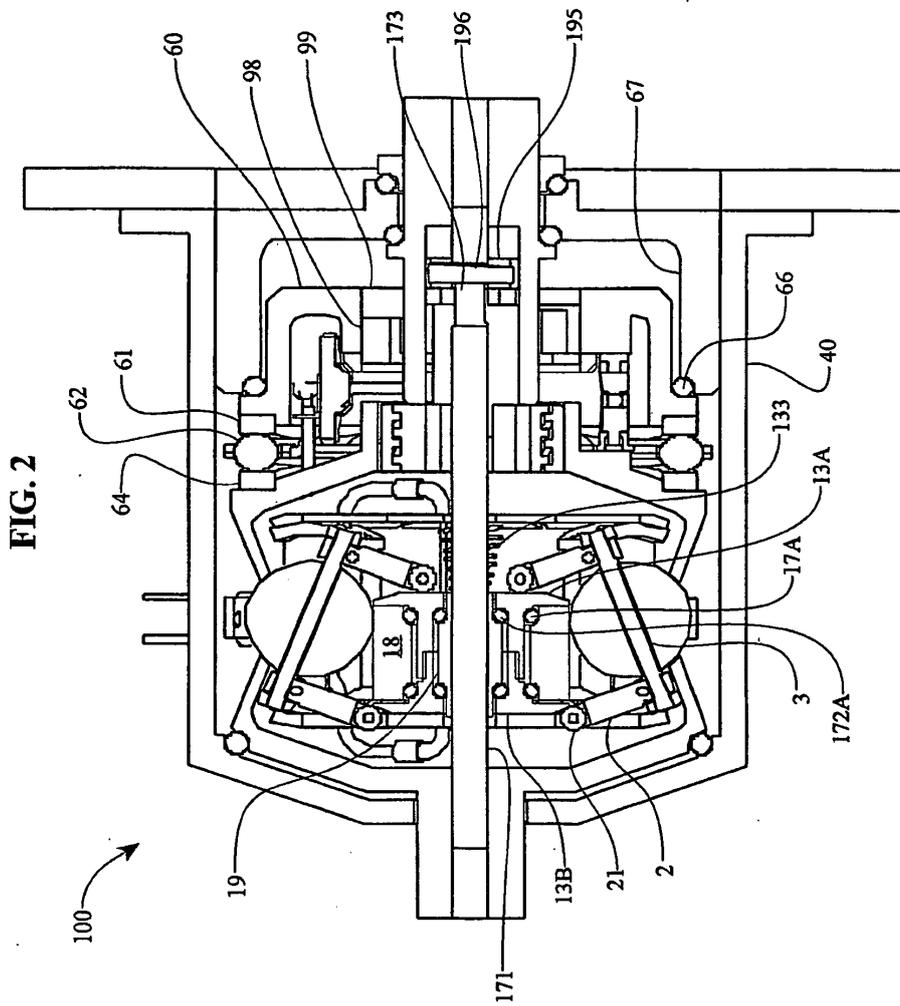
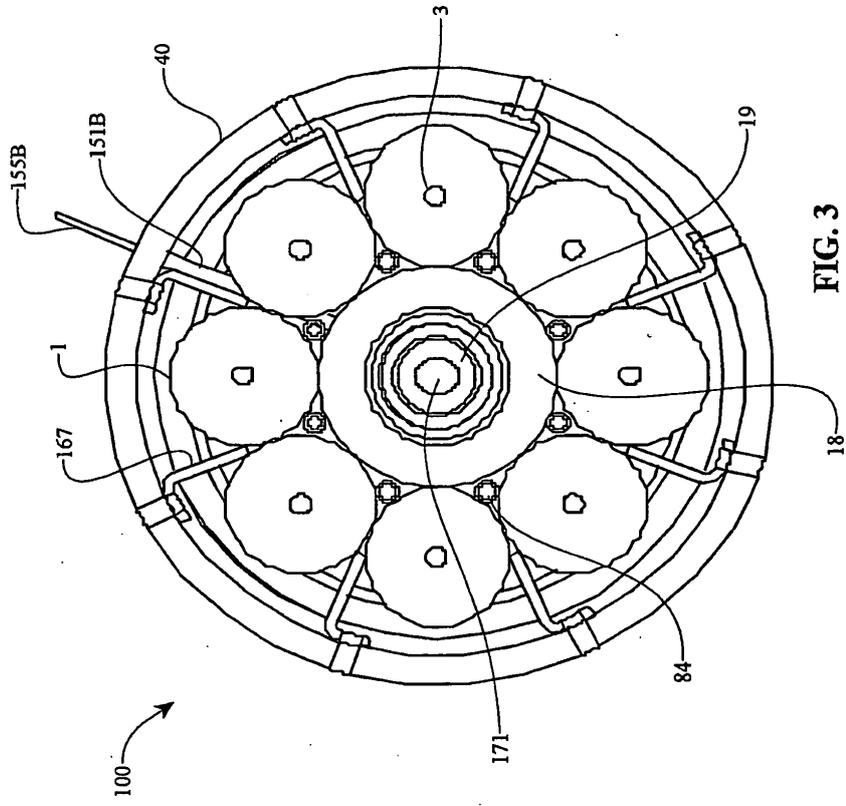
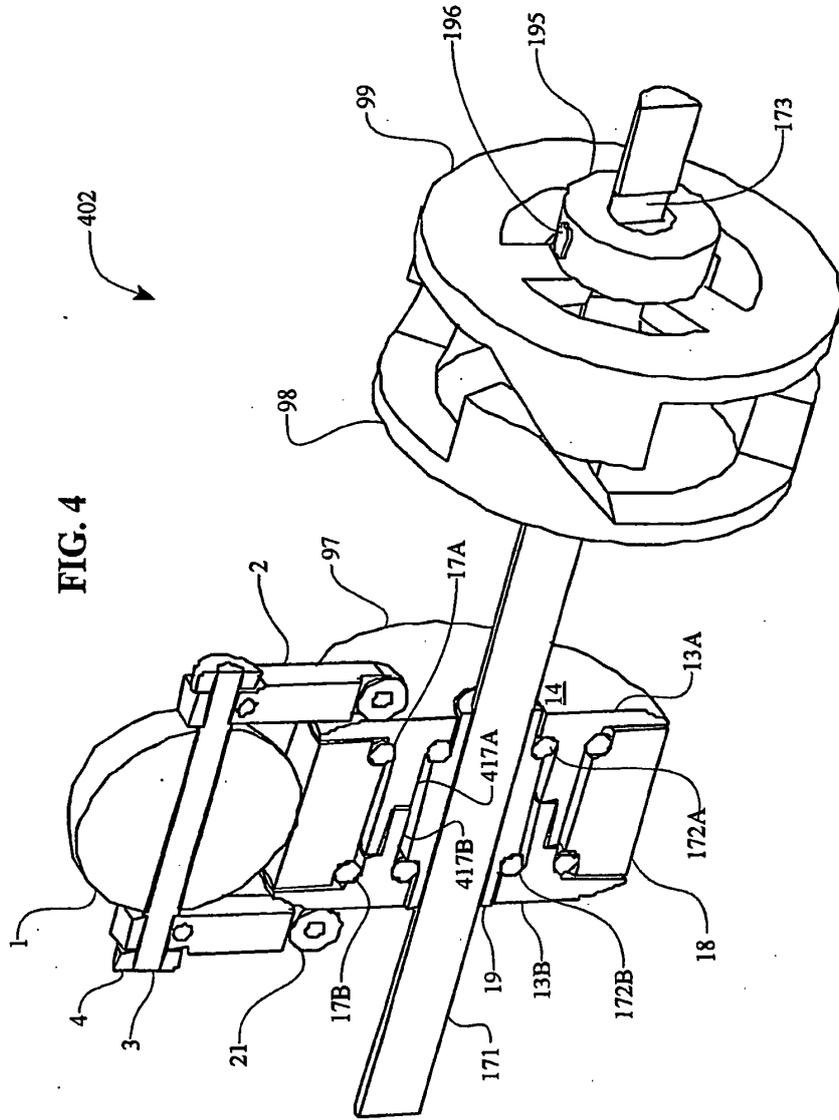


FIG. 1







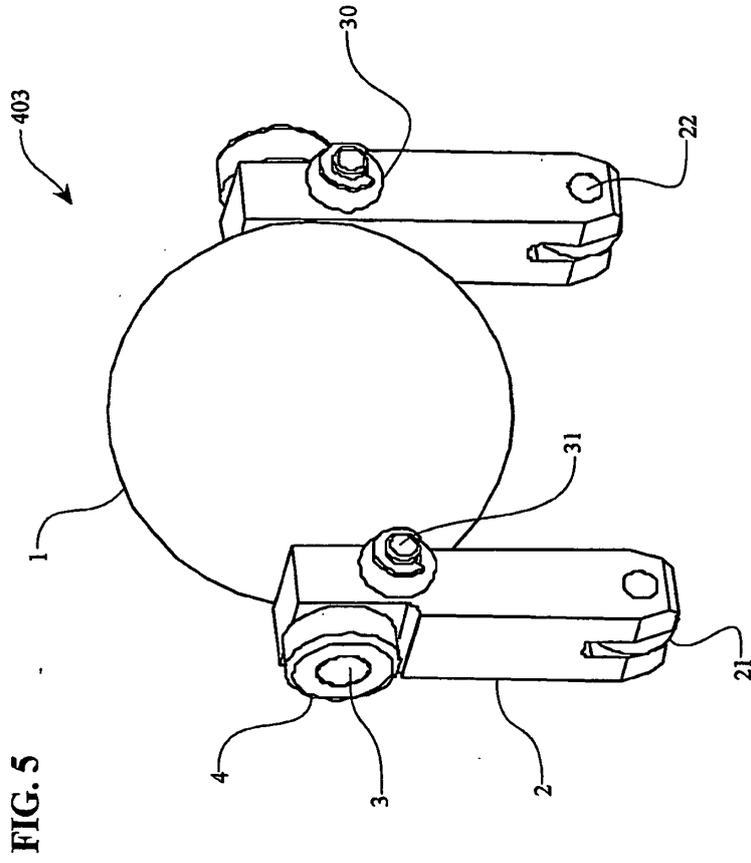
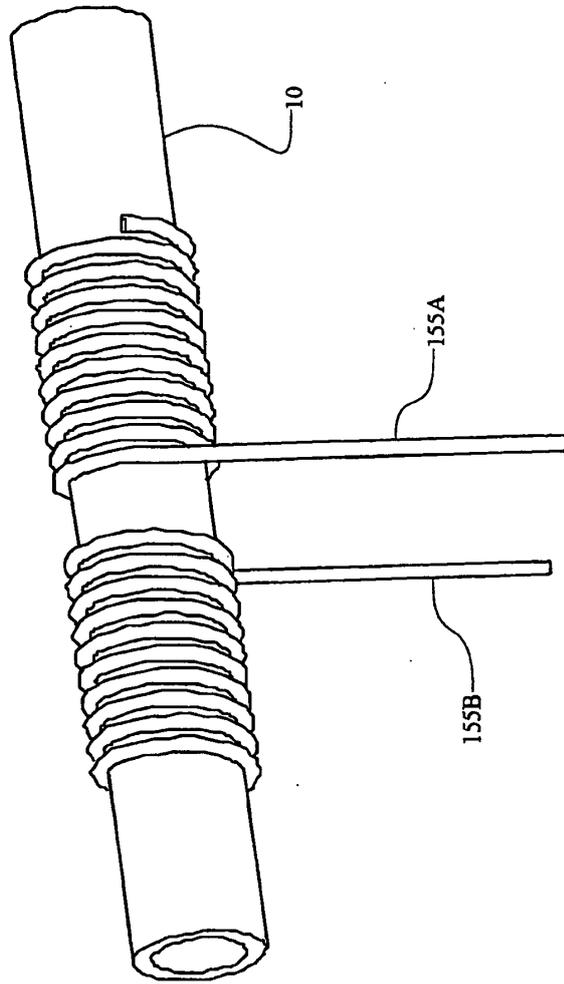
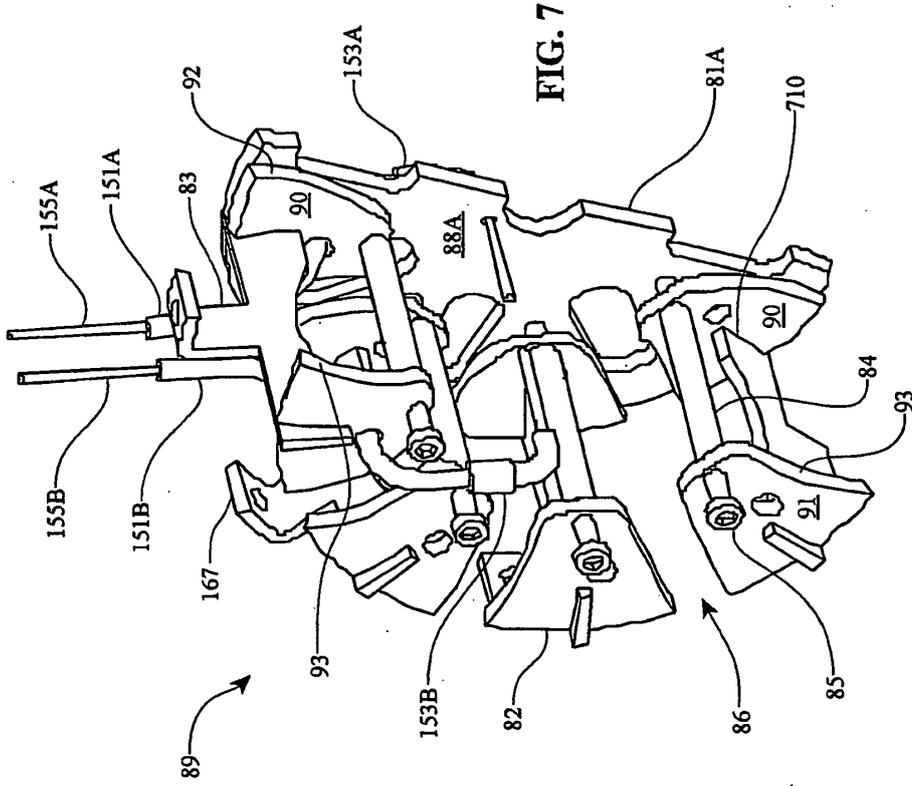


FIG. 6





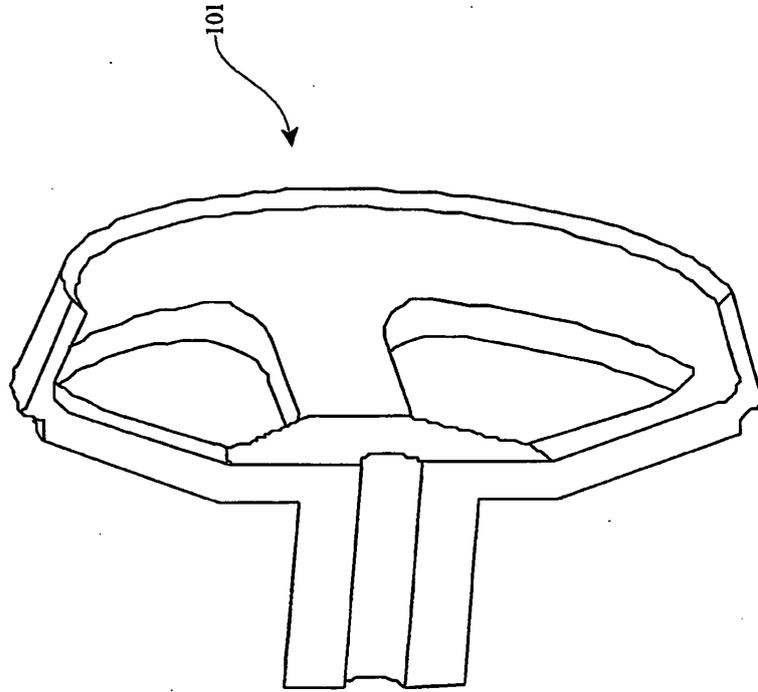


FIG. 8

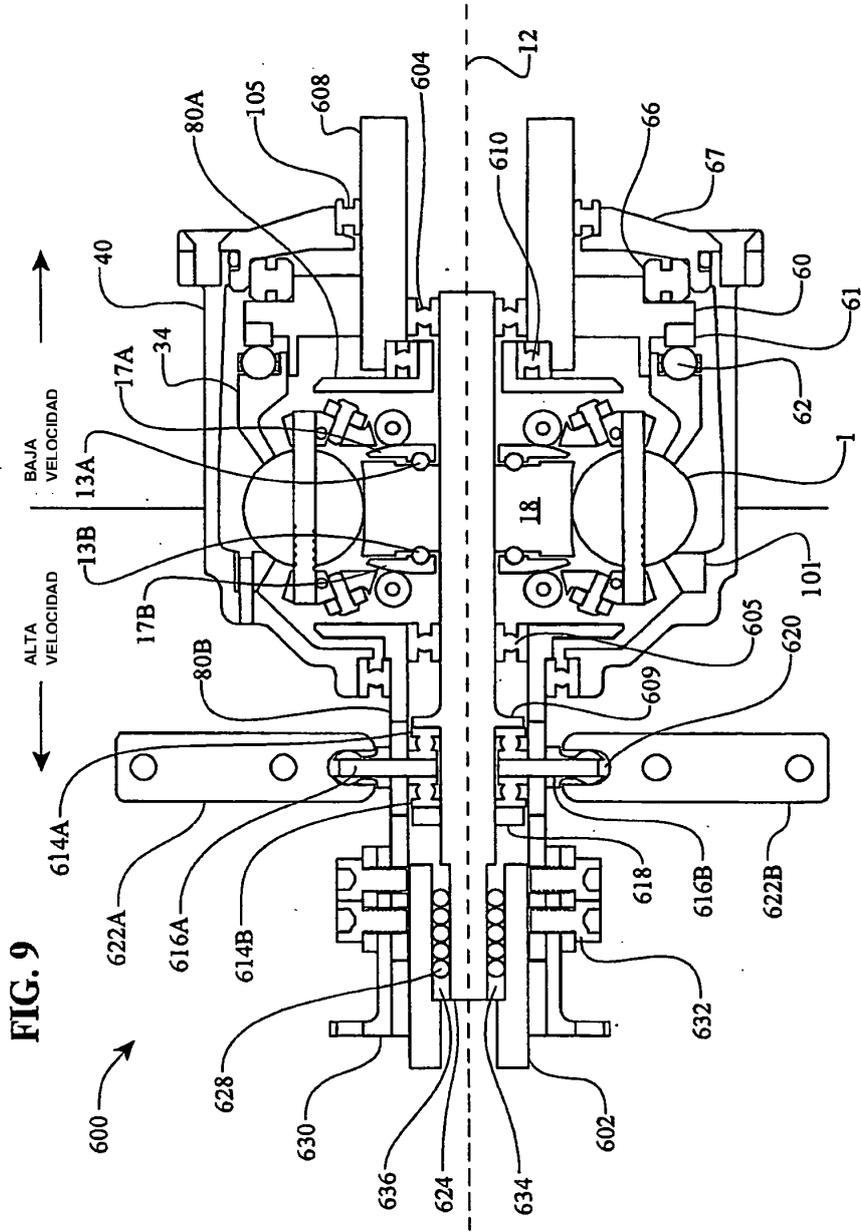
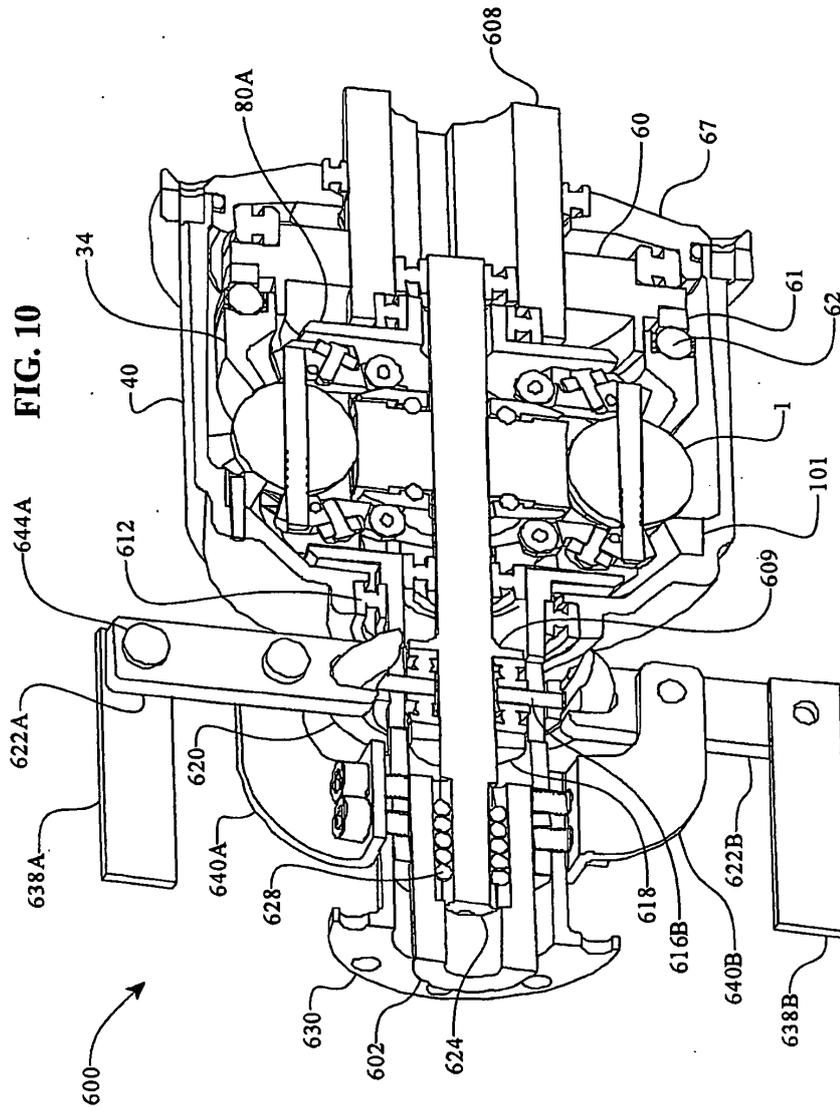


FIG. 9

FIG. 10



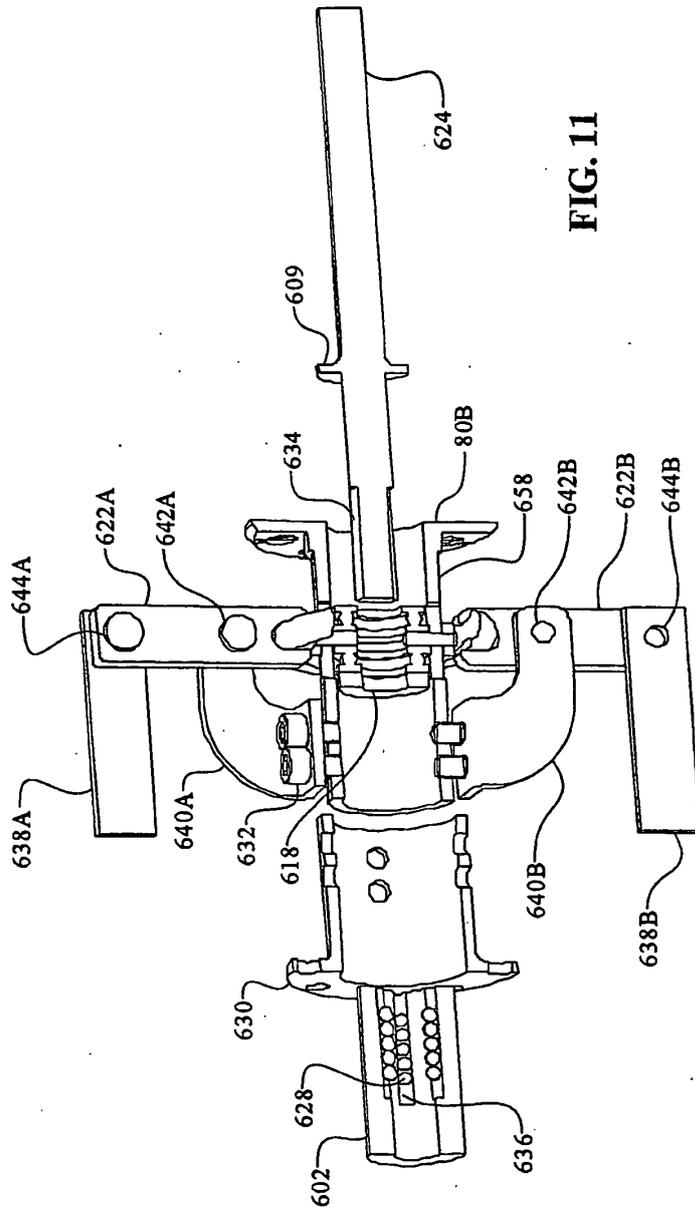


FIG. 11

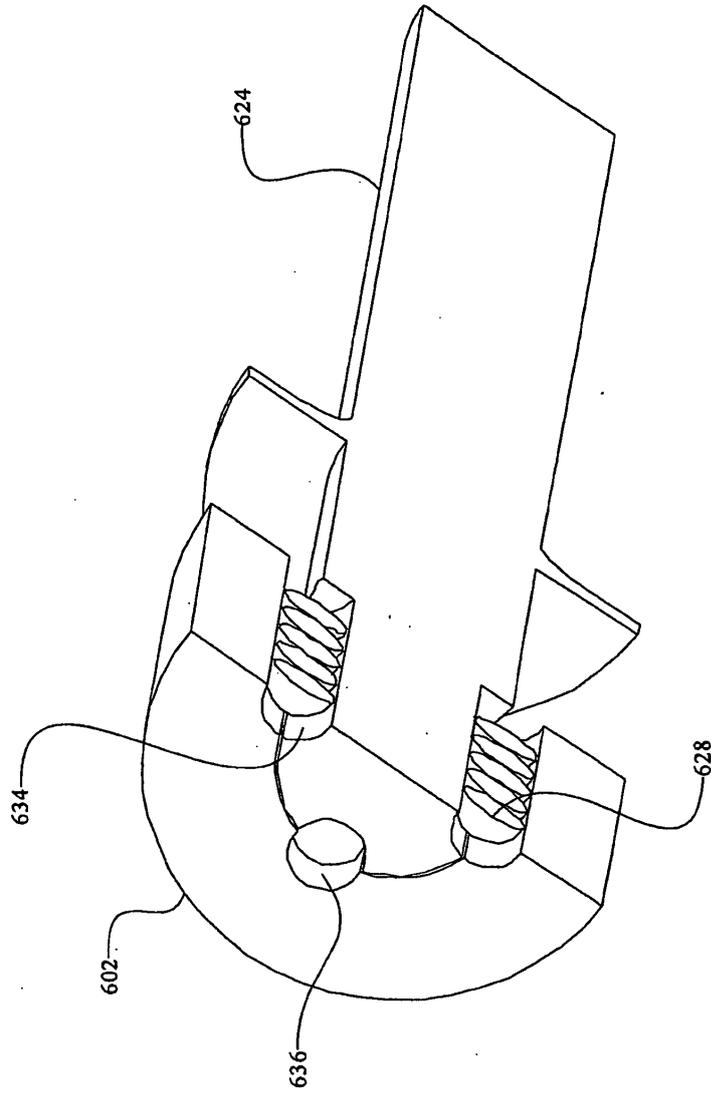


FIG. 12

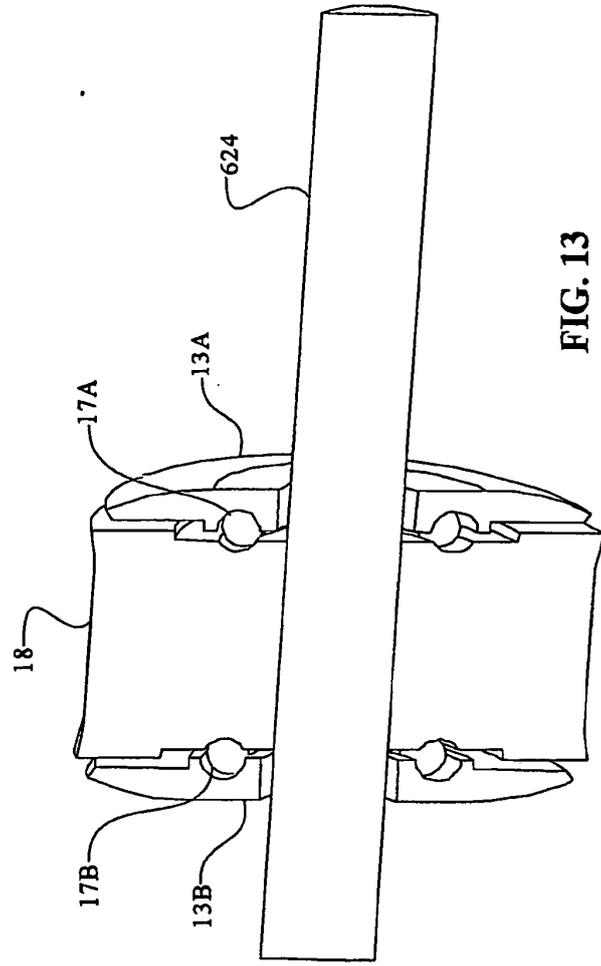


FIG. 13

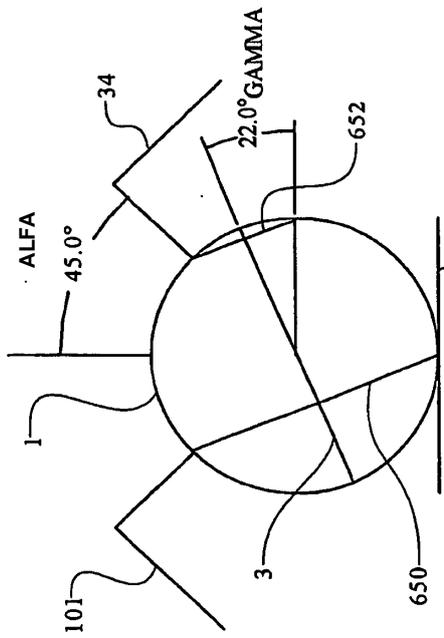


FIG. 14

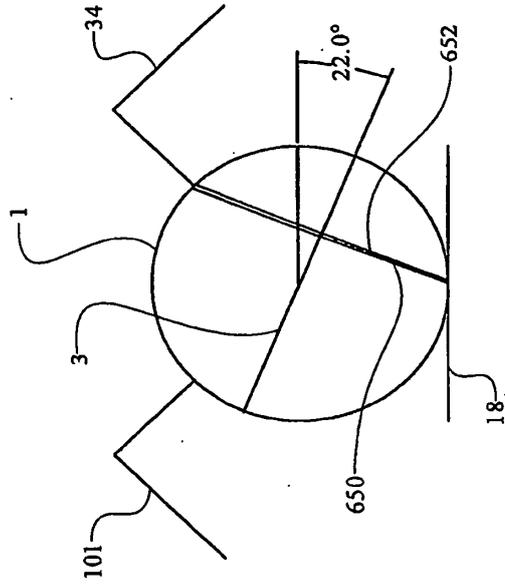


FIG. 15

FIG. 17

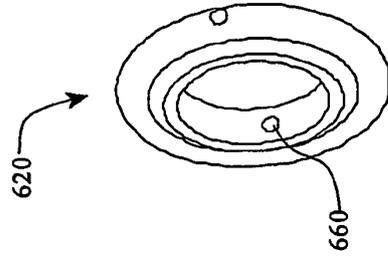
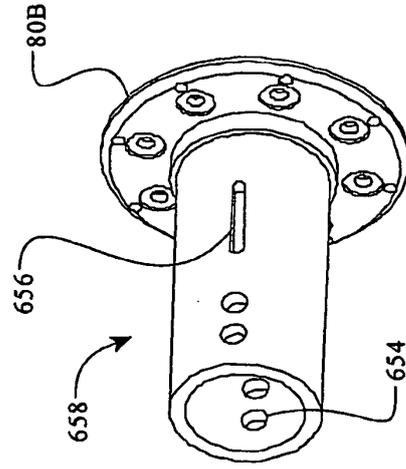


FIG. 16



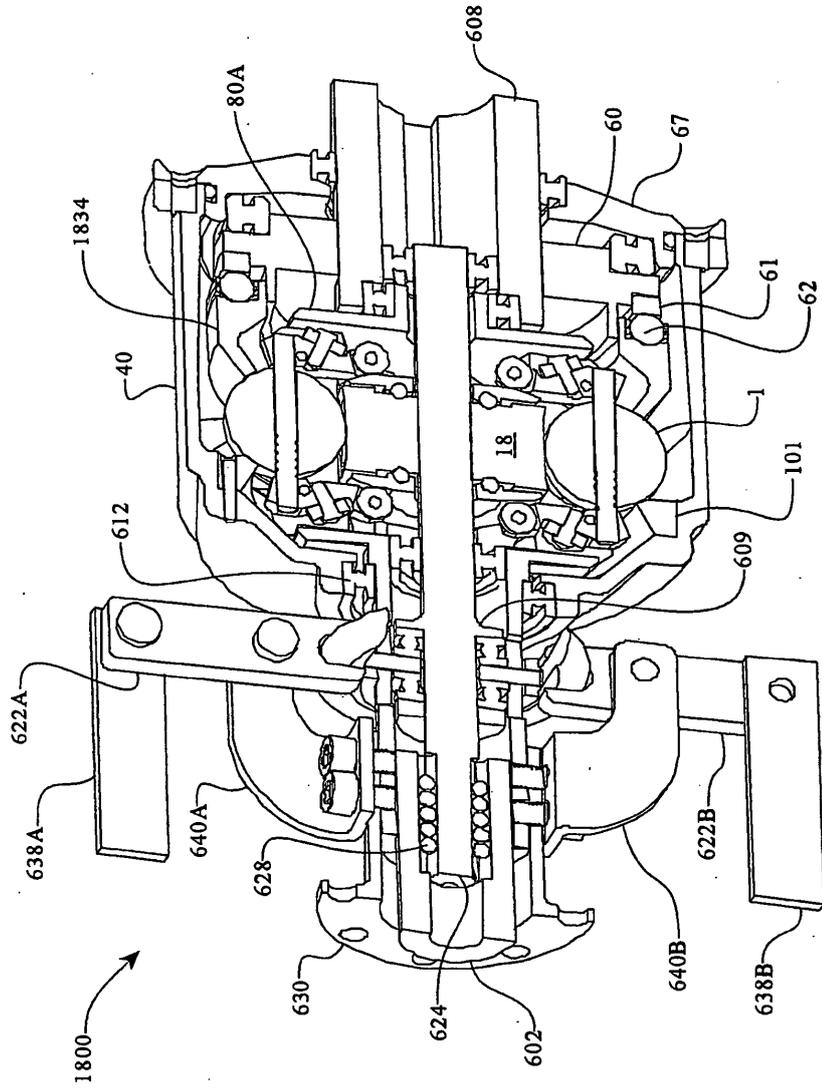


FIG. 18

FIG. 19

50	alfa	80	Diámetro de rueda loca		50	Diámetro de bola		81,07	Radio de disco de entrada	
gamma	Radio de bola @ entrada	Radio de bola @ salida	Radio de bola @ rueda loca	Relación de multiplicador de velocidad	Intervalo de relación	Aumento de velocidad media	Relación de velocidad de modo normal	Relación de desmultiplicador de velocidad	Intervalo de relación	Disminución de velocidad media
-25	22,7	6,5	22,7	2,03			0,29	0,49		
-24	22,5	6,9	22,8	2,06			0,31	0,49		
-23	22,3	7,3	23,0	2,09			0,33	0,48		
-22	22,1	7,7	23,2	2,13			0,35	0,47		
-21	21,9	8,1	23,3	2,16			0,37	0,46		
-20	21,7	8,6	23,5	2,20			0,39	0,45		
-15	20,5	10,6	24,1	2,39			0,52	0,42		
-10	19,2	12,5	24,6	2,61			0,65	0,38		
-5	17,7	14,3	24,9	2,86			0,81	0,35		
0	16,1	16,1	25,0	3,15			1,00	0,32		
5	14,3	17,7	24,9	3,52	1,23	3,19	1,23	0,28	1,23	0,317
10	12,5	19,2	24,6	3,99	1,53	3,30	1,53	0,25	1,53	0,317
15	10,6	20,5	24,1	4,63	1,94	3,51	1,94	0,22	1,94	0,317
20	8,6	21,7	23,5	5,57	2,53	3,88	2,53	0,18	2,53	0,317
21	8,1	21,9	23,3	5,81	2,69	3,99	2,69	0,17	2,69	0,317
22	7,7	22,1	23,2	6,08	2,86	4,10	2,86	0,16	2,86	0,317
23	7,3	22,3	23,0	6,38	3,05	4,24	3,05	0,16	3,05	0,317
24	6,9	22,5	22,8	6,72	3,26	4,39	3,26	0,15	3,26	0,317
25	6,5	22,7	22,7	7,10	3,50	4,56	3,50	0,14	3,50	0,317

FIG. 20

35	alfa	80	Diámetro de rueda loca	50	Diámetro de bola	85,48	Radio de disco de entrada
----	------	----	------------------------	----	------------------	-------	---------------------------

ES 2 439 236 T3

gamma	Radio de bola @ entrada	Radio de bola @ salida	Radio de bola @ rueda loca	Relación de multiplicador de velocidad	Intervalo de relación	Aumento de velocidad media	Relación de velocidad de modo normal	Relación de desmultiplicador de velocidad	Intervalo de relación	Disminución de velocidad media
-25	24,6	12,5	22,7	1,97			0,51	0,51		
-24	24,5	12,9	22,8	1,99			0,52	0,50		
-23	24,5	13,2	23,0	2,01			0,54	0,50		
-22	24,4	13,6	23,2	2,03			0,56	0,49		
-21	24,3	14,0	23,3	2,06			0,58	0,49		
-20	24,1	14,3	23,5	2,08			0,59	0,48		
-15	23,5	16,1	24,1	2,20			0,68	0,46		
-10	22,7	17,7	24,6	2,32			0,78	0,43		
-5	21,7	19,2	24,9	2,46			0,88	0,41		
0	20,5	20,5	25,0	2,61			1,00	0,38		
5	19,2	21,7	24,9	2,78	1,13	2,62	1,13	0,36	1,13	0,383
10	17,7	22,7	24,6	2,98	1,28	2,65	1,28	0,34	1,28	0,383
15	16,1	23,5	24,1	3,21	1,46	2,70	1,46	0,31	1,46	0,383
20	14,3	24,1	23,5	3,50	1,68	2,79	1,68	0,29	1,68	0,383
21	14,0	24,3	23,3	3,57	1,74	2,81	1,74	0,28	1,74	0,383
22	13,6	24,4	23,2	3,64	1,79	2,84	1,79	0,27	1,79	0,383
23	13,2	24,5	23,0	3,71	1,85	2,86	1,85	0,27	1,85	0,383
24	12,9	24,5	22,8	3,79	1,91	2,89	1,91	0,26	1,91	0,383
25	12,5	24,6	22,7	3,87	1,97	2,92	1,97	0,26	1,97	0,383

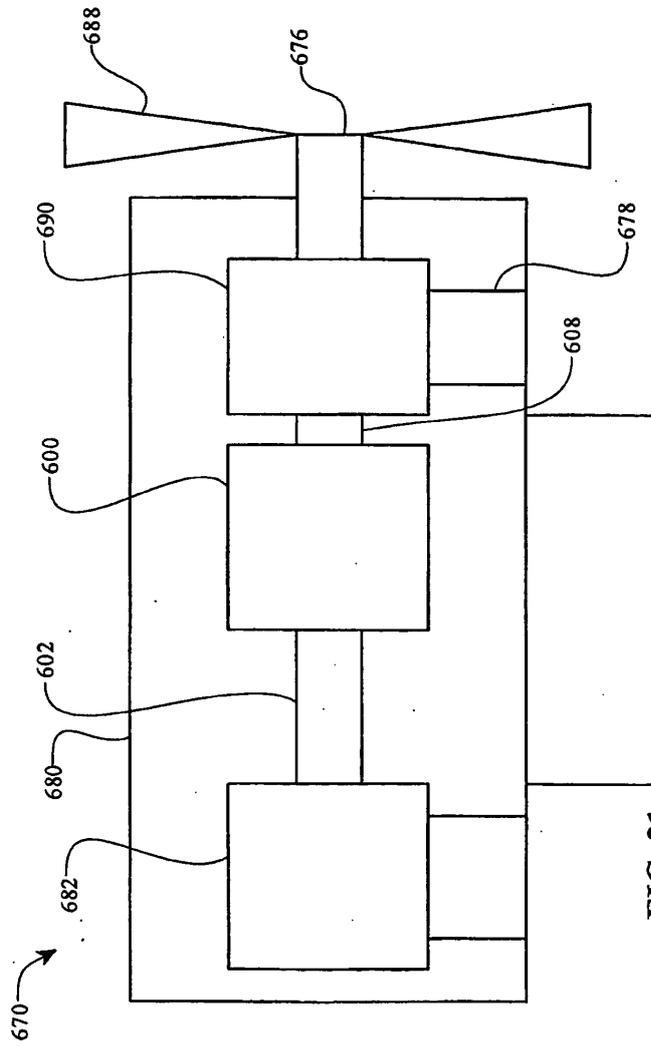


FIG. 21

FIG. 22

